

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ИМ. Г.И. БУДКЕРА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

ГОДОВОЙ ОТЧЕТ

2020

НОВОСИБИРСК 2020

Оглавление

Введение	5
Физика элементарных частиц	9
Детектор СНД	11
Детектор КМД-3	15
Детектор КЕДР	17
Участие в эксперименте CMS на ЛHC.....	25
Эксперименты Belle и Belle-II	34
Криогенные и газовые лавинные детекторы	40
Отчёт о работе новосибирской группы LHCb	42
Детектор ВаВаг	44
Ядерная физика	45
Эксперименты на установке Дейтрон.....	47
Теоретическая физика	51
Физика плазмы и управляемый термоядерный синтез	59
ИЯФ СО РАН в федеральном проекте «Разработка технологий УТС...»	61
Работы на комплексе ГОЛ-3	68
Создание планарного двухстадийного генератора с кольцевым резонатором	76
Работы на ловушке с гелиокелидальным полем СМОЛА	79
Работы для ИТЭР	82
Теория плазмы	85
Инжекторы пучков быстрых атомов и ионов	86
Коллайдеры, ускорительная техника	87
Работа комплекса ВЭПП-2000 в 2020 году	89
Инжекционный комплекс ВЭПП-5.....	94
Электронное охлаждение	114
Ускорительный масс спектрометр ИЯФ СО РАН	116
Синхронное излучение и лазеры на свободных электронах	117
Исследования с использованием СИ	119
Сверхпроводящие магнитные системы для ускорителей заряженных частиц	132
Новосибирский Лазер на свободных электронах.....	134
Промышленные ускорители электронов.....	143
Ускорители типа ИЛУ.....	145
Ускорители электронов ЭЛВ и их применение	151
Физика для медицины.....	155
Детекторы для медицины	157
Ускорительный источник нейтронов для БНЗТ и других приложений.....	158
Радиофизика и электроника	161
Разработка и изготовление высокочастотной системы для коллайдера NICA	163
Модернизация высокочастотной системы комплекса «Сибирь-2»	166
Список публикаций сотрудников ИЯФ	169
Соглашения о сотрудничестве с зарубежными лабораториями	215
Научное руководство ИЯФ	218

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук (ИЯФ СО РАН) – один из самых крупных академических институтов страны (более 2800 сотрудников). Среди 434 научных сотрудников Института – 6 академиков и 4 членов-корреспондентов РАН, 57 докторов и 179 кандидатов наук. Особенностью ИЯФ является наличие крупного экспериментального производства (около 1000 человек) с высоким уровнем технического и технологического оснащения. Институт ведет активную работу по подготовке научных и инженерно-технических кадров высшей квалификации. ИЯФ является базовым Институтом для шести кафедр физического факультета НГУ и физико-технического факультета НГТУ, на которых обучается около 200 студентов. В аспирантуре ИЯФ, НГУ и НГТУ обучается более 60 человек.

ИЯФ является одним из ведущих мировых центров по ряду областей физики высоких энергий и ускорителей, физики плазмы и управляемого термоядерного синтеза. В Институте ведутся крупномасштабные эксперименты по физике элементарных частиц на электрон-позитронных коллайдерах и уникальном комплексе открытых плазменных ловушек, разрабатываются современные ускорители, интенсивные источники синхротронного излучения и лазеры на свободных электронах. По большинству своих направлений Институт является единственным в России.

Основу исследовательской инфраструктуры Института составляют уникальные научные установки и стенды (УНУ). С использованием УНУ выполняется большинство научных проектов Института, проводится большое количество совместных исследований в рамках научно-технического сотрудничества с ведущими российскими и международными научными организациями, и университетами. Шесть объектов научной инфраструктуры Института индексируются в национальном реестре объектов научной инфраструктуры Российской Федерации (сайт skr-rf.ru). В ИЯФ СО РАН работает центр коллективного пользования "Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения" (ЦКП СЦСТИ). Базовой основой для деятельности ЦКП СЦСТИ являются: накопители электронов/позитронов ВЭПП-3 и ВЭПП-4М – источники синхротронного излучения, и Новосибирский лазер на свободных электронах – источник терагерцового излучения.

Прикладные работы ИЯФ СО РАН целиком базируются на результатах фундаментальных исследований Института и сконцентрированы на следующих основных направлениях:

- Промышленные ускорители электронов высокой мощности, используемые для модификации полимеров, очистки промышленных и бытовых отходов, производства нанопорошков чистых металлов, окиси кремния, оксидов, карбидов и нитридов металлов, радиационной обработки продуктов питания, стерилиза-

ции медицинского оборудования и одноразовых инструментов и одежды, и других технологических применений.

- Разработка установок ядерной медицины для протонной, ионной и бор-нейтрон-захватной терапии злокачественных образований.

- Установки для электронно-лучевой сварки.

На протяжении последних 30 лет ИЯФ СО РАН активно использовал возможности финансирования фундаментальных и прикладных работ за счет средств, получаемых от хозяйственной деятельности и выполнения контрактных работ. ИЯФ разрабатывает, производит и поставляет потребителям в страны Европы, Азии, Северной и Южной Америки (более 20 стран), а также в Россию широкий спектр наукоемкой и высокотехнологичной продукции на сотни миллионов рублей ежегодно. На полученные таким образом средства был достроен и введен в эксплуатацию ускорительный комплекс ВЭПП-4М с уникальным детектором КЕДР, разработаны и построены новые крупные современные уникальные установки: электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-2000, лазер на свободных электронах, новый инжекционный комплекс для обеспечения работы существующих и будущих установок ИЯФ. В течение всего постсоветского периода за счет этих средств поддерживалась непрерывная работа установок ИЯФ и соответствующей инфраструктуры.

ИЯФ отличает широкое многолетнее международное сотрудничество с большинством крупных зарубежных и международных центров. Ярким примером такого сотрудничества является участие ИЯФ в крупнейшем международном проекте современности – создании Большого Адронного Коллайдера в Европейском Центре Ядерных Исследований (CERN, г. Женева). В рамках этого сотрудничества ИЯФ разработал, изготовил и поставил в ЦЕРН уникальное высокотехнологичное оборудование стоимостью более 100 миллионов швейцарских франков.

ИЯФ работает над рядом крупных проектов, реализуемых в России, в числе которых установки исследовательской инфраструктуры класса «MegaScience»: ускорительный комплекс NICA в ОИЯИ (Дубна), радиографическое оборудование для исследований оборонного значения для ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ" (Снежинск).

Важнейшими достижениями института за 2020 год Учёный Совет ИЯФ признал следующие результаты:

В области ядерной физики, физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий:

- Разработан детектор для регистрации рентгенографических изображений объектов с большой плотностью с увеличенной просвечивающей способностью.
- Измерение сечений $e^+e^- \rightarrow K^+K^-\eta$, $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\eta$ с лучшей в мире точностью с детектором КМД-3.
- В области энергии в системе центра масс 1,05-2,0 ГэВ впервые измерено сечение процесса $e+e \rightarrow \eta\pi^0\gamma$.

- Изучение динамики процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ на детекторе СНД.
- Разработана уникальная методика идентификации заряженных частиц в многослойном жидкоксенонном ионизационном калориметре с использованием методов машинного обучения.
- Разработаны новые методы считывания сигналов в двухфазных детекторах темной материи на основе электролюминесценции в видимом и инфракрасном диапазоне с использованием матриц кремниевых фотоумножителей.

В области теоретической физики:

- Исследована спиновая динамика атома водорода при прохождении периодической магнитной структуры.
- Исследовано сокращение главных вкладов в радиационные поправки к сечению упругого рассеяния электронов на протонах для экспериментов по измерению зарядового радиуса протона с регистрацией протона отдачи.
- Исследованы эффекты нарушения чётности при взаимодействии релятивистских поляризованных протонов и дейтронов.
- Предложен новый подход к описанию нарушения чётности в процессе рассеяния поляризованного протона на протоне при высоких энергиях.
- Впервые точно по энергии вычислены полное борновское сечение трёхфотонной аннигиляции электрон-позитронной пары и полное сечение двухфотонной аннигиляции с учётом однопетлевой поправки.

В области физики и техники ускорителей заряженных частиц, источников СИ и ЛСЭ:

- В 2020 году завершён цикл работ по выбору окончательной конфигурации различных систем источника синхротронного излучения «СКИФ».
- В ИЯФ СО РАН разработан макет клистрона S-диапазона, который должен обеспечить мощность 50 МВт.
- Выяснен механизм диссипации энергии кильватерной волны в радиально-ограниченной плазме.
- Разработаны эффективный прибор и методы для измерения тонкой и сверхтонкой модовой структуры спектра ЛСЭ. Впервые в мире был измерен модовый состав и ширина линий сверхтонкой структуры спектра ЛСЭ. Показано, что на НЛСЭ возможны режимы с одной и несколькими супермодами, а относительная ширина линий comb-структуры в супермоде составляет $2E-8$.
- Исследована фокусировка рентгеновского излучения преломляющей линзой с мозаичной компоновкой микроструктур проведено на станции «Экстремальное состояние вещества» источника СИ ВЭПП-4 в 2020 году.
- Впервые в мире создана магнитная система сверхпроводящего ондулятора с нейтральными полюсами для источника синхротронного излучения DLS (Англия) с периодом 15,6 мм и полем 1,2 Тл. Продемонстрирована возможность получения фазовой ошибки ондулятора менее 3 градусов, что является ключевым параметром для генерации синхротронного излучения.
- Впервые в мире методом сверхбыстрой FID-спектроскопии на НЛСЭ измерена динамика короткоживущего ОН-радикала, в том числе с применением нового метода поляризационной спектроскопии в слабом магнитном поле, позволяющим радикально увеличить чувствительность метода.
- Проведены подготовительные эксперименты для изучения динамических процессов разрушения кристаллической структуры на образцах поликристаллического вольфрама в условиях интенсивных импульсных нагрузок.
- Методами молекулярной биологии и электронной микроскопии показана связь экспрессии генов и структурно-функциональной организации признаков клеток *E.coli* при нетепловом воздействии терагерцового излучения.

В области физики плазмы:

- На стенде высоковольтного инжектора нейтралов в корпусе ДОЛ впервые получен пучок отрицательных ионов с энергией более 240 кэВ и исследована его транспортировка в ускорительном тракте.
- Завершена сборка установки «компактный осесимметричный тороид» (САТ), отлажены и запущены в эксплуатацию ее вакуумная система, соленоид и система питания магнитного поля, источник плазмы, атомарные пучки.
- На установке ГОЛ-NB продемонстрирована эффективная транспортировка мишенной плазмы, предназначенной для начала экспериментов по инъекции нейтральных пучков.
- Совместно с фирмой ТАС, США успешно введен в действие нейтронный источник для клинических испытаний бор-нейтронозахватной терапии и получены проектные параметры источника.
- Разработана спектроскопическая диагностика для точного измерения доплеровского сдвига и уширения линий излучения атомов и ионов в потоке плазмы в расширителе ГДЛ. При помощи локальной газовой перезарядной мишени, измерены функции распределения ионов по продольной скорости. По этим данным, выполнены измерения перепада амбиполярного потенциала плазмы между центром и стенкой. Это позволило подтвердить теоретических моделей, используемых для описания процесса удержания энергии в ловушках открытого типа.
- Показано соответствие экспериментальных скейлингов потока плазмы в геликоидальном магнитном

поле от скорости ее вращения и величины гофрировки предсказаниям теории.

- В ускорителе-тандеме с вакуумной изоляцией впервые осуществлена генерация быстрых нейтронов с выходом 10^{12} с^{-1} на литиевой мишени при использовании пучка дейтронов с энергией 2,1 МэВ и током 1,4 мА. Это позволило изучить активацию материалов ИТЭР потоком быстрых нейтронов.
- Отработан и запущен в эксплуатацию источник ионов аргона с расчетными значениями энергии (75 кэВ) и тока (10 мА), который является основным элементом уникальной диагностики для бесконтактного измерения электрического потенциала в установке ГДЛ.
- На установке БЕТА впервые в мире изучена динамика деформаций и растрескивания поверхности вольфрама во время мощных импульсных тепловых нагрузок с интенсивностью ниже порога плавления, характерных для дивертора экспериментального термоядерного реактора ИТЭР.

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

ДЕТЕКТОР СНД

Основные работы в 2020 году.

В 2020 году с детектором СНД был продолжен набор данных на e^+e^- коллайдере ВЭПП-2000. Основной целью этого эксперимента являлось значительное увеличение статистики для изучения процессов e^+e^- аннигиляции в пару нуклонов $p\bar{p}$ и $n\bar{n}$, а также других адронных процессов. Данные были записаны в 5 точках с энергией системы центра масс $E=1,87, 1,89, 1,90, 1,92$ и $1,94$ ГэВ. Интегральная светимость в каждой точке составила около 9 пб^{-1} .

Параллельно на СНД продолжались работы по модернизации детектора и системы сбора данных, главной целью которых являлось обеспечение возможности записывать с минимальными потерями и обрабатывать данные при возрастании светимости ВЭПП-2000 и получение дополнительной информации от подсистем детектора. В 2020 году разрабатывалась новая оцифровывающая электроника для сигналов с проволочек дрейфовой камеры СНД. Был создан прототип модуля T200, который обслуживает четыре проволочки. Сигнал с каждой проволочки снимается с двух сторон через предусилители и поступает на FADC с тактовой частотой 200 МГц. Информация с модуля T200 считывается через сеть Ethernet. Прототип модуля был успешно испытан на детекторе по космическим событиям.

Одновременно продолжался анализ экспериментальных данных, записанных в 2010-2020 годах на ВЭПП-2000 (около 330 пб^{-1}).

Реконструкция накопленных данных.

Для данных, накопленных в 2019 и 2020 годах, были сделаны калибровки подсистем детектора по событиям упругого e^+e^- рассеяния, и проведена реконструкция событий. Для проверки качества данных использовалась система DQM, которая позволяет анализировать многочисленные гистограммы, отражающие работу подсистем детектора. В настоящее время время реконструированные данные 2019 и 2020 года используются в анализах физических процессов.

Данные, записанные в 2019-2020 году, содержат информацию о форме сигнала в каждом канале калориметра. Была разработана новая версия реконструкции событий, в которой при аппроксимации сигнала с кристалла калориметра определяется время его срабатывания и амплитуда. Далее по временам с отдельных кристаллов определяется время события. Временное разрешение калориметра зависит от типа события и составляет около 1 нс. Время, определенное по калориметру, используется для привязки к моменту столкновения пучков и затем при реконструкции треков в дрейфовой камере СНД. Для некоторых классов событий, например, $e^+e^- \rightarrow n\bar{n}$, время события может быть использовано для их идентификации. В процессе $e^+e^- \rightarrow n\bar{n}$ при энергии в системе центра масс меньше

2 ГэВ конечные частицы медленные. Поэтому калориметр срабатывает с задержкой. На рис. 1 сравниваются временные распределения для событий двухфотонной аннигиляции и для кандидатов в события $e^+e^- \rightarrow n\bar{n}$ при энергии 1,902 ГэВ. Во втором распределении виден широкий пик от событий $e^+e^- \rightarrow n\bar{n}$. Его ширина определяется разбросом точки аннигиляции антинейтрона в калориметре, Равномерное распределение возникает из-за космического фона. Видно, что измерение времени в калориметре позволяет отделять события процесса $e^+e^- \rightarrow n\bar{n}$ от других событий e^+e^- аннигиляции и от космического фона.

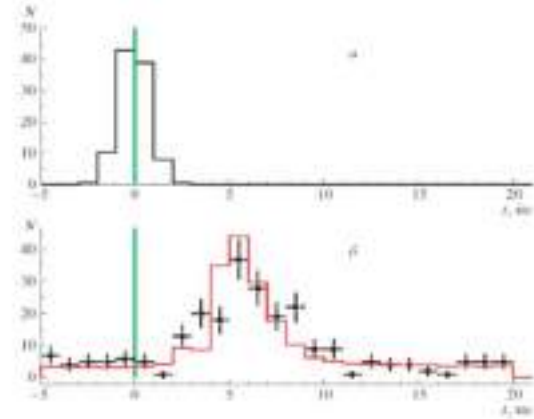


Рисунок 1. Распределения по времени срабатывания калориметра для событий процесса $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ (а) и кандидатов в события процесса $e^+e^- \rightarrow n\bar{n}$ (б). Вертикальная линия соответствует нулевому времени, определенному по событиям процесса $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$. На нижнем рисунке точки с ошибками показывают экспериментальные данные, а гистограмма сумму моделированного распределения для событий процесса $e^+e^- \rightarrow n\bar{n}$ и равномерного распределения для космических событий.

Анализ данных СНД.

В 2020 году был закончен анализ и опубликована статья по изучению динамики процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ в области энергии от 1,1 до 2 ГэВ. Анализ был основан на данных, накопленных в 2010-2012 годах. В изучаемой области энергии сечение реакции $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ определяется вкладами возбужденных векторных резонансов $\omega(1420)$ и $\omega(1680)$. Был проведен анализ распределения Далица с учетом возможных промежуточных состояний $\rho(770)\pi$, $\omega(782)\pi^0$ и $\rho(1450)\pi$. Ниже 1,5 ГэВ доминирующим промежуточным состоянием в реакции $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ является $\rho(770)\pi$ с небольшой примесью $\omega(782)\pi^0$. Однако в области резонанса $\omega(1680)$ был обнаружен значительный вклад механизма $e^+e^- \rightarrow \rho(1450)\pi$. Таким образом, установлено, что резонанс $\omega(1420)$ распадается через промежуточное состояние $\rho(770)\pi$, а резонанс $\omega(1680)$ – преимущественно через $\rho(1450)\pi$. Возможность распада $\omega(1680) \rightarrow \rho(1450)\pi$ и тем более его доминантность никогда ранее в литературе не обсуждалась. Вклады различных механизмов в

сечение процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ показаны на рис. 2. Сечения $e^+e^- \rightarrow \rho(770)\pi$, $\rho(1450)\pi$ и $\omega(782)\pi$ вычислены как квадраты модулей соответствующих амплитуд. Разница между суммой этих сечений и полным сечением $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ объясняется интерференцией между амплитудами трех промежуточных состояний.

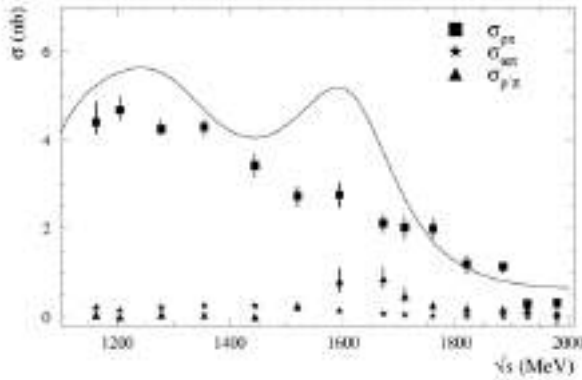


Рисунок 2. Измеренная энергетическая зависимость сечений процессов $e^+e^- \rightarrow \rho(770)\pi$, $\rho(1450)\pi$ и $\omega(782)\pi$. Кривая показывает полное сечение $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$.

В 2020 году была продолжена работа по поиску радиационных распадов возбужденных векторных резонансов. В области энергии в системе центра масс 1,05-2,0 ГэВ было впервые измерено сечение процесса $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^0\gamma$. Анализ был основан на данных с интегральной светимостью 94 пб⁻¹. Были проанализированы промежуточные механизмы, дающие вклад в этот процесс. Доминирующим механизмом является переход через промежуточное адронное состояние $\omega\eta$ с последующим распадом $\omega \rightarrow \pi^0\gamma$. Измеренное сечение подпроцесса $e^+e^- \rightarrow \omega\eta \rightarrow \eta\pi^0\gamma$, показанное на рис. 3, неплохо согласуется с предыдущими измерениями в моде $e^+e^- \rightarrow \omega\eta \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$, выполненными ранее в экспериментах SND и CMD-3. Со значимостью 5,6 стандартных отклонений обнаружен вклад радиационного процесса, который может идти, например, через промежуточное состояние $e^+e^- \rightarrow a_0(1450)\gamma$. Сечение этого радиационного вклада, показанное на рис.4, составляет 15-20 пб в широком диапазоне энергии от 1,3 до 1,9 ГэВ.

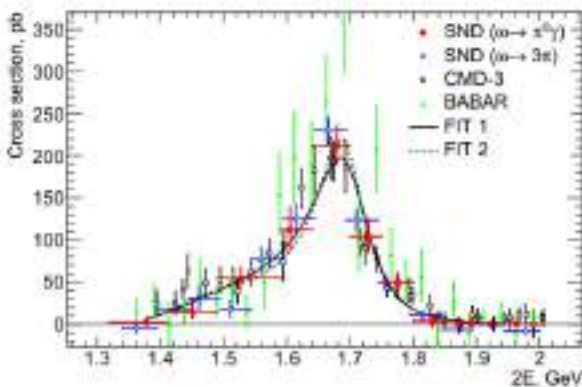


Рисунок 3. Энергетическая зависимость измеренного сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \omega\eta \rightarrow \eta\pi^0\gamma$ в сравнении с результатами предыдущих измерений в моде $\omega \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$.

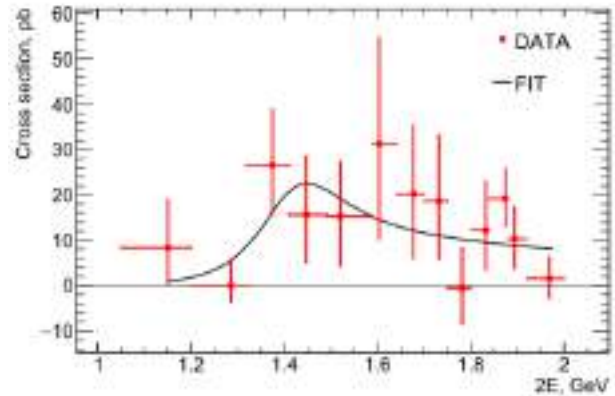


Рисунок 4. Измеренная энергетическая зависимость сечения радиационного вклада в процесс $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^0\gamma$.

В 2020 году была опубликована статья по поиску в области энергии 1,15-2 ГэВ процесса $e^+e^- \rightarrow \eta'\gamma$. В работе анализировались данные с интегральной светимостью 86,7 пб⁻¹, записанные в 2010, 2011, 2012 и 2017 годах. Поиск процесса $e^+e^- \rightarrow \eta'\gamma$ проводился в каналах распада η' - мезона в $\eta\pi^0\pi^0$ состояние с последующим распадом η в $\gamma\gamma$ и в $3\pi^0$ - мезона. Событий искомого процесса обнаружено не было. Был установлен верхний предел на сечение $e^+e^- \rightarrow \eta'\gamma$ на 90% уровне достоверности: 28 пб для интервала энергии 1,15-1,39 ГэВ, 12 пб для интервала 1,39-1,69 ГэВ и 12 пб для интервала 1,69-2,00 ГэВ.

Был закончен и опубликован анализ процесса $e^+e^- \rightarrow K^+K^-\pi^0$, основанный на данных с интегральной светимостью 26,4 пб⁻¹, накопленных СНД в 2010-2012 годах в области энергии в системе центра масс от 1,28 до 2 ГэВ. Измеренный спектр масс системы $K\pi$ показывает, что доминирующим механизмом этой реакции является переход через промежуточное состояние $K^*(892)K$. Отдельно измерен небольшой вклад промежуточного состояния $\phi\pi^0$. Результат нашего измерения неплохо согласуется с предыдущим измерением в эксперименте BABAR и имеет сравнимую точность. Мы изучили эффект интерференции между амплитудами состояний $\phi\pi^0$ и K^*K . Было установлено, что интерференция дает значительный вклад в измеренное сечение процесса $e^+e^- \rightarrow \phi\pi^0 \rightarrow K^+K^-\pi^0$ ниже 1,7 ГэВ. В этой области на самом деле измеряется сумма сечения $\phi\pi^0$ и интерференционного члена. В узком диапазоне ниже 1,58 ГэВ все три существующих измерения сечения $e^+e^- \rightarrow \phi\pi^0$ (эта работа и измерения BABAR в модах $\phi \rightarrow K^+K^-$ и $K_S K_L$) показывают превышение над результатом аппроксимации, включающей известные векторные резонансы (см. рис. 5). Это превышение может быть интерпретировано как вклад резонанса с параметрами $M = 1585 \pm 15$ МэВ и $\Gamma = 75 \pm 30$ МэВ. Резонанс с такими ранее не наблюдался.

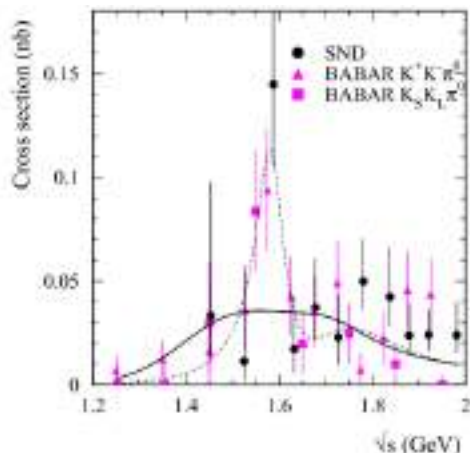


Рисунок 5. Сечение процесса $e^+e^- \rightarrow \phi\pi^0 \rightarrow K^+K^-\pi^0$, измеренное СНД, в сравнении с двумя измерениями BABAR, Сплошная кривая – результат аппроксимации, учитывающей известные резонансы, Пунктирная кривая – аппроксимация с дополнительным узким резонансом.

Важным результатом 2020 года является измерение сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$. Измерение было проведено в диапазоне энергии в системе центра масс 0,525-0,883 ГэВ по данным, набранным СНД в 2013 году. Исследуемая энергетическая область содержит ρ -резонанс и поэтому дает наибольший вклад в расчет в a_μ^{had} , где a_μ^{had} – вклад в аномальный магнитный момент мюона, связанный с поляризацией вакуума адронами. Измерение основано на процедуре e/π -разделения, разработанной авторами. Эта процедура позволила разделить коллинеарные двухчастичные события на два класса. Первый класс содержит события процессов $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ и $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$, а второй – события процесса $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$, которые используются для нормировки. Фон от процесса $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ вычитается расчетным образом. Полученное сечение приведено на рис.6. Кривая показывает результат аппроксимации сечения в модели векторной доминантности с учетом резонансов $\rho(770)$, $\omega(782)$ и $\rho(1450)$. Полученные параметры аппроксимации неплохо согласуются с табличными данными и предыдущим измерением сечения $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$, сделанным СНД на ВЭПП-2М.

В работе тщательно исследованы различные источники систематических ошибок. Полная систематическая ошибка сечения составила 0,8% выше 0,6 ГэВ, и 0,9-1,2% ниже. Сравнение нового измерения СНД с измерениями экспериментов BABAR и KLOE демонстрируется на рис. 7. Видно, что данные BABAR лежат систематически выше данных СНД ниже 0,7 ГэВ. Причем отклонение составляет около 2% и больше суммы заявленных систематических погрешностей (для BABAR это – 0,5% выше 0,6 ГэВ и 1% ниже). Выше 0,7 ГэВ данные СНД и BABAR неплохо согласуются. Обратная ситуация наблюдается при сравнении данных СНД и KLOE. Здесь неплохое согласие наблюдается ниже 0,72 ГэВ, а выше разница между сечениями составляет 1 - 3% (систематика KLOE меньше 1%). По

измеренному сечению был вычислен вклад в аномальный магнитный момент мюона. Он составил $(409,79 \pm 1,44 \pm 3,87) \times 10^{-10}$. В таблице 1 результат СНД сравнивается с расчетами, сделанными на основе данных СНД на ВЭПП-2М, а также BABAR и KLOE. Несмотря на систематическую разницу в сечениях, указанную выше, результат СНД неплохо согласуется с этими расчетами.

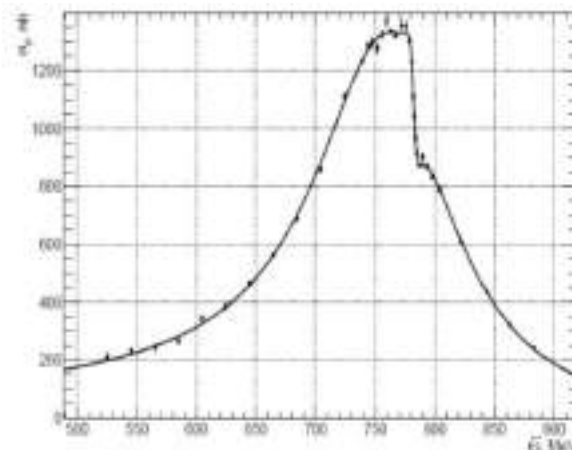


Рисунок 6. Сечение процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$, измерение СНД на ВЭПП-2000. Кривая показывает результат аппроксимации сечения в модели векторной доминантности с учетом резонансов $\rho(770)$, $\omega(782)$ и $\rho(1450)$.

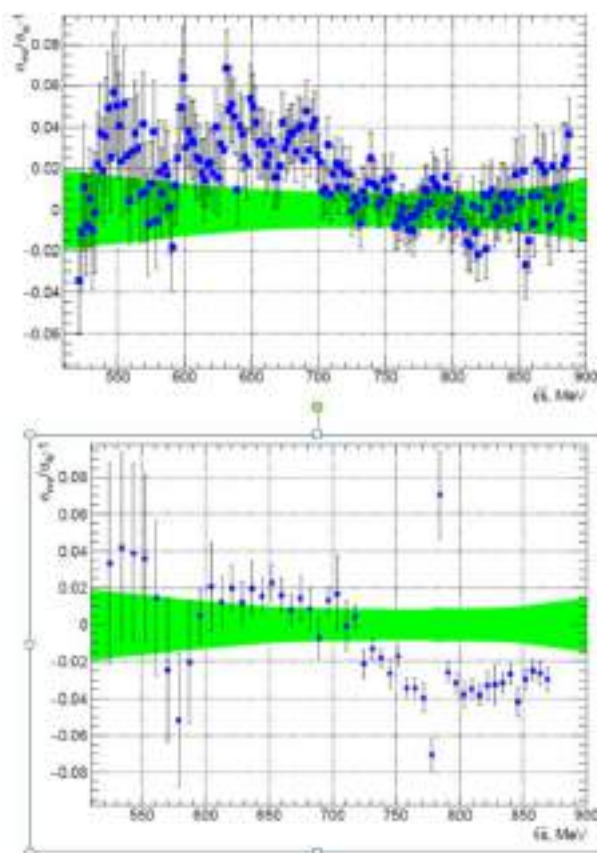


Рисунок 7. Относительное отклонение сечения, измеренного в эксперименте BABAR (вверху) и KLOE (внизу), от кривой, аппроксимирующей данные СНД.

Таблица 1. Вклад в аномальный магнитный момент мюона от процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ в диапазоне энергий 0,525-0,883 ГэВ, вычисленный по данным СНД, полученным на ВЭПП-2000 и ВЭПП-2М, а также по данным BABAR и KLOE.

Эксперимент	$a_\mu(\pi\pi)\times 10^{10}$
СНД на ВЭПП-2000	$409,79 \pm 1,44 \pm 3,87$
СНД на ВЭПП-2М	$406,47 \pm 1,74 \pm 5,28$
BABAR	$413,58 \pm 2,04 \pm 2,29$
KLOE	$403,39 \pm 0,72 \pm 2,50$

Результаты обработки данных, описанные выше, докладывались на «40th International Conference on High Energy Physics», virtual conference, 28 July to 6 August 2020 и на «Сессии-конференции Секции ядерной физики ОФН РАН», ИЯФ СО РАН, Новосибирск, 10-12 марта 2020 года.

Заключение.

1. Проведен успешный набор данных с детектором СНД на коллайдере ВЭПП-2000 вблизи порога рождения нуклон-антинуклонных пар в 5 точках с энергией $E=1,87, 1,89, 1,90, 1,92$ и $1,94$ ГэВ. Накоплены данные с интегральной светимостью около 45 пб^{-1} . Это позволило существенно увеличить статистику для исследования процессов $e^+e^- \rightarrow$ нуклон антинуклон.
2. Реконструированы и подготовлены к анализу данные, накопленные СНД в 2019 и 2020 годах. Реконструкция этих данных была проведена с модифицированным программным обеспечением, позволяющим измерять время прихода сигнала в каждом канале калориметра. Время срабатывания калориметра в событии определяется с точностью около 1 нс.
3. По данным, накопленным на детекторе СНД, были измерены сечения процессов $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$, $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^0\gamma$, $e^+e^- \rightarrow \eta'\gamma$, $e^+e^- \rightarrow K^+K^-\pi^0$ и $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$. Процесс $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ изучался в диапазоне энергии 0,55 – 0,92 ГэВ. Систематическая ошибка измерения сечения в области ρ -мезонного резонанса не превышает 0,8%.
4. Для процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ в диапазоне энергий 1,1-2 ГэВ исследована динамика. Обнаружено, что распад $\omega(1650) \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ идет преимущественно через промежуточное состояние $\rho(1450)\pi$.
5. Доминирующим механизмом процесса $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^0\gamma$ выше резонанса $\phi(1020)$ является переход через промежуточное состояние $\omega\eta$. Со значимостью 5,6 стандартных отклонений обнаружен вклад радиационного процесса, который может идти, например, через промежуточное состояние $e^+e^- \rightarrow a_0(1450)\gamma$.

В 2020 году опубликовано 6 статей, сделано 4 доклада на международных конференциях. Работа выполнена на базе УНУ «Комплекс ВЭПП-4 - ВЭПП-2000».

ДЕТЕКТОР КМД-3

С 2010 года в Институте ядерной физики на коллайдере ВЭПП-2000 ведутся эксперименты по электрон-позитронной аннигиляции в адроны с детектором КМД-3, который показан на Рис. 1. К настоящему моменту проведено уже 7 сеансов набора данных.

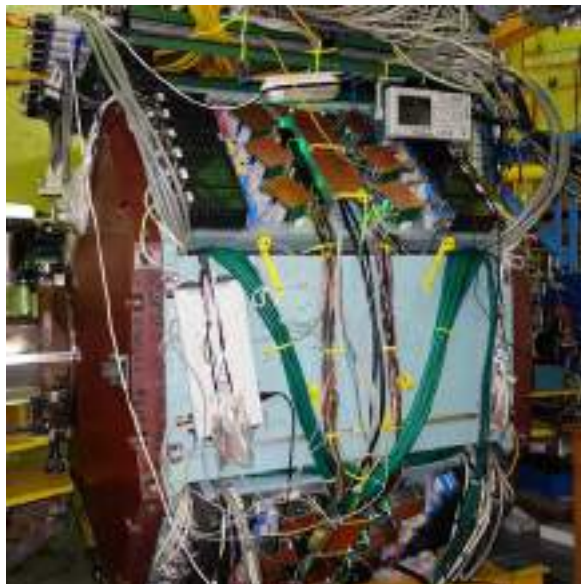


Рисунок 1. Детектор КМД-3 в экспериментальном зале ВЭПП-2000.

История набора статистики с детектором КМД-3 в 2011 – 2020 показана на Рисунке 2. Всего планируется набор интеграла светимости 1 фб^{-1} во всем

диапазоне энергий ВЭПП-2000. К настоящему моменту уже накоплен интеграл около 300 пб^{-1} , что соответствует 30% полного объема данных. В сезоне 2020 года был достигнут самый высокий темп набора статистики – за 52 дня работы был накоплен интеграл светимости в 51 пб^{-1} в диапазоне энергии $1,87 - 1,94 \text{ ГэВ}$ в системе центра масс. К сожалению, работу установки пришлось остановить значительно раньше, чем планировалось, из-за введения противоэпидемических мер.

В 2020 году продолжился анализ данных, полученных на детекторе КМД-3 в сезонах 2011-2019 годов. Так, был закончен и опубликован анализ процесса $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$ в канале распада $\eta \rightarrow \gamma\gamma$. Использовались данные, набранные с детектором в 2011, 2012 и 2017 годах в диапазоне энергий $1,1 - 2,0 \text{ ГэВ}$. Систематическая ошибка измерения сечения, показанного в сравнении с результатами других экспериментов на рисунке 3, составила 6%. Был выполнен анализ динамики этого процесса и проведена проверка CVC-гипотезы при сравнении полученных результатов с распадами τ -лептона.

Кроме того, в 2020 году были опубликованы результаты анализа процесса $e^+e^- \rightarrow K_s K_s \pi^+ \pi^-$. Вклад в адронную поляризацию вакуума при измерении аномального магнитного момента мюона от процессов $e^+e^- \rightarrow K\bar{K}l\bar{l}$ невелик, но раньше рассчитывался на основе изотопических соотношений, которые имеют большую неопределенность и невысокую точность. Прямое измерение сечений этих каналов, выполненное на детекторе BABAR, дало величину вклада в адронную поляризацию в полтора раза меньшую, чем то, что получалось из изотопических соотношений. КМД-3, имея в распоряжении больший объем данных, позволит увеличить точность результатов BABAR и изучить внутреннюю динамику таких процессов.

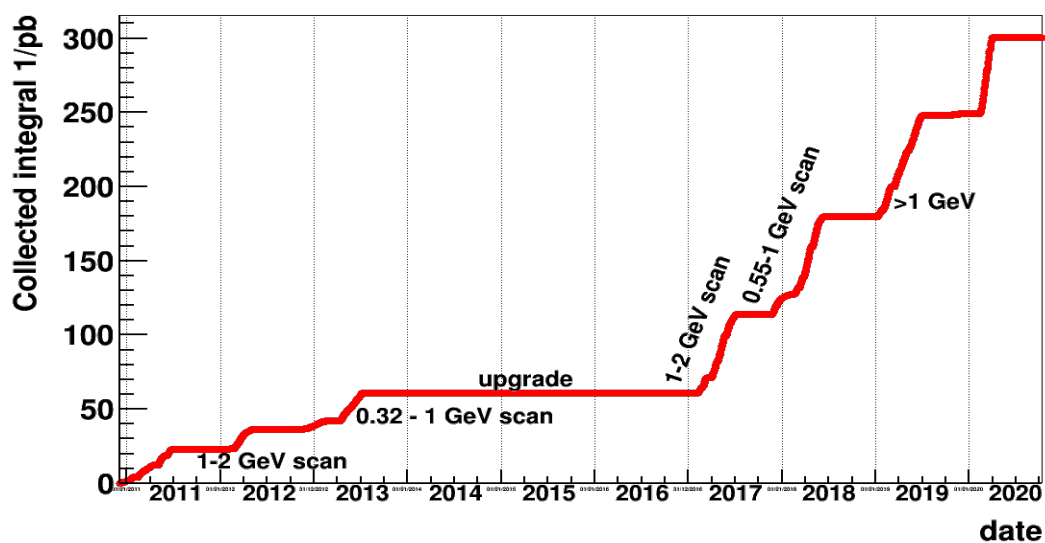


Рисунок 2. История набора статистики с детектором КМД-3 в 2011 – 2020.

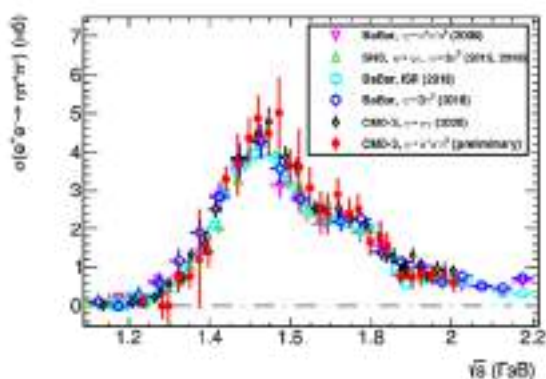


Рисунок 3. Зависимость от энергии сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \eta l^+ l^- \pi$, полученная на детекторе КМД-3 в сравнении с результатами других экспериментов.

В течение 2020 года велись работы по модернизации систем детектора. В частности, большая работа проведена по обновлению электроники КМД-3. Разработан и начал проходить испытания на детекторе новый зарядо-чувствительный усилитель для координатной (полосковой) части цилиндрического калориметра на основе жидкого ксенона. Новые ЗЧУ имеют меньшие шумы и более низкое энергопотребление.

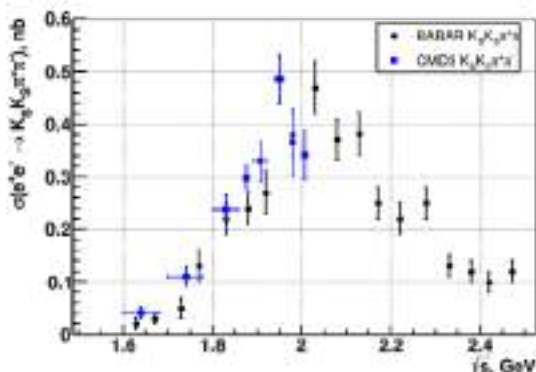


Рисунок 4. Зависимость от энергии сечения процесса $e^+e^- \rightarrow K_s K_s l^+ l^- \pi$, полученная в эксперименте КМД-3, в сравнении с измерением детектора BABAR.

Электронику башенной подсистемы жидко-ксенонового калориметра предполагается модернизировать таким образом, чтобы появилась возможность измерять время поступления сигнала от частицы. Для этого в коллаборации ведутся работы по разработке новой электроники, оцифровывающей форму сигнала. В 2020 году были проведены испытания полномасштабного

прототипа оцифровщика в реальных условиях набора данных.

В конце 2020 года была проведена замена источников высоковольтного питания мюонной системы детектора КМД-3 на разработанные в ОИЯИ (Дубна) блоки.

Полным ходом ведутся работы по созданию новой системы детектора – торцевых дисков на основе технологии micro-RWELL. Система торцевых дисков будет установлена перед BGO калориметром и представлять из себя двухслойную считывающую структуру с сегментацией по R- ϕ .400 четвертьколец с шагом полосок 2 мм обеспечат пространственное разрешение $\sigma_R = 0,6$ мм, а 432 сектора по углу ϕ в каждом из двух слоев позволят достичь точности измерения координаты $\sigma_{R-\phi} = 1,2$ мм в плоскости, перпендикулярной оси пучков.

В 2020 году была подготовлена вся инфраструктура для монтажа и был изготовлен первый координатный диск.

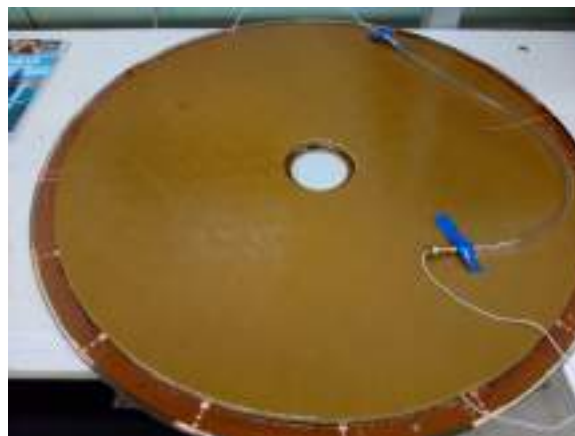


Рисунок 5. Внешний вид первого координатного диска.

На рисунке 5 показан внешний вид первого диска. К настоящему моменту проверена целостность структуры, измерен коэффициент усиления в токовом режиме по всей площади диска. Идет монтаж электроники системы и подготовка к ее включению.

На основе той же технологии, micro-RWELL, ведется разработка новой Z-камеры детектора вместо вышедшей из строя в 2017 году старой системы, проработавшей 25 лет сначала в составе детектора КМД-2, а затем и КМД-3. Z-камера используется в детекторе для прецизионного определения телесного угла.

ДЕТЕКТОР КЕДР

Детектор КЕДР — это универсальный магнитный детектор, эксперименты с которым ведутся на e^+e^- коллайдере ВЭПП-4М в области энергии от 2 до 11 ГэВ в системе центра масс. Детектор оборудован системой регистрации рассеянных электронов для изучения $\gamma\gamma$ -физики. Параметры детектора находятся на уровне параметров детекторов, работающих в мире в этой области энергий.

Программа работы детектора КЕДР включает в себя набор статистики для измерения сечения рождения адронов в e^+e^- аннигиляции (величина R) в области энергии $2E = 4,56 \div 6,96$ ГэВ; набор статистики для измерения масс и лептонных ширин Υ мезонов в области энергий $2E = 9,46 \div 10,36$ ГэВ; набор статистики для двухфотонной физики в области энергии $\Upsilon(1S)$ -мезона.

Измерение R в области $2E = 4,56 \div 6,96$ ГэВ

Величина R является отношением полного сечения электрон-позитронной аннигиляции в адроны с учётом радиационных поправок к сечению рождения мюонной пары в борновском приближении. Прецизионное измерение $R(s)$ имеет ключевое значение при определении константы сильного взаимодействия $\alpha_s(s)$ и масс тяжёлых кварков, аномального магнитного момента мюона $(g-2)_\mu$ и значения электромагнитной постоянной тонкой структуры $\alpha(M_Z^2)$ в области пика Z_0 . Одной из основных задач экспериментов с детектором КЕДР на коллайдере ВЭПП-4М является измерения величины R в диапазоне энергий от 1,84 до 3,72 ГэВ и в области высокой энергии от 4,56 до 6,96 ГэВ. Диапазоны энергий выбраны с учётом как технических возможностей коллайдера, так и с необходимостью повысить точность измерений величины R в указанных областях энергии, поскольку достигнутая точность предыдущих измерений явно недостаточна и даёт значительную погрешность в расчёты по адронной поляризации вакуума.

В 2020 году ускорительный комплекс ВЭПП-4М с детектором КЕДР набрал интеграл статистики 2 пб в двух точках по энергии 6,7 и 6,96 ГэВ, тем самым завершив измерение величины R во втором диапазоне от энергии от 4,56 до 6,96 ГэВ с суммарным интегралом светимости в семнадцать точки по энергии составила $13,7 \text{ пб}^{-1}$. Расположение точек показано на рис. 1. Ведётся анализ данных. Ожидаемая статистическая точность измерений величины R во всем диапазоне сканирования составляет 2,5%.

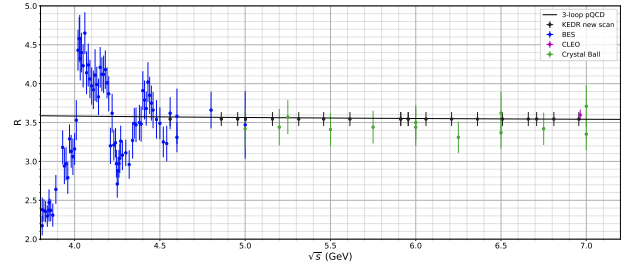


Рис. 1: Результаты экспериментов по измерению величины R в области $2E = 3,8 - 7,2$ ГэВ. Чёрным цветом показано положение точек, набранных при сканировании величины R в области $2E = 4,56 - 6,96$ с детектором КЕДР. Значение зафиксировано на вычислениях, сделанных в рамках пертурбативной хромодинамики. Статистические ошибки соответствуют ожидаемым.

Измерение полной и адронной ширин J/ψ мезона

В 2020 году была опубликована статья в Journal of High Energy Physics, посвященная измерению полной и адронной ширин J/ψ мезона. Анализ данных проводился на 2005 г., набранная коллайдером ВЭПП-4М с детектором КЕДР при сканировании J/ψ мезона в 11 точках по энергии с интегральной светимостью 230 нб^{-1} . Статистические неопределённости измерений составили 1,7% для $\Gamma_{\text{hadrons}}(J/\psi)$ и 1,5% для $\Gamma(J/\psi)$, систематические – 1,6% (см. Таблицу 1). Были получены следующие

Таблица 1: Основные систематические погрешности измерения $\Gamma(J/\psi)$ и $\Gamma_{\text{hadrons}}(J/\psi)$.

Источник	Погрешность, %
Светимость	1,0
Моделирование распадов J/ψ	0,7
Отклик детектора	0,8
Эффекты ускорителя	0,4
Теоретические неопределённости	0,4
Итого	1,6

значения полной и адронных ширин J/ψ мезона:

$$\Gamma(J/\psi) = 92,45 \pm 1,40 \pm 1,48 \text{ кэВ},$$

$$\Gamma_{\text{hadrons}}(J/\psi) = 81,37 \pm 1,36 \pm 1,30 \text{ кэВ}.$$

Результат измерения полной ширины основан только на данных детектора КЕДР. Полученное значение хорошо согласуется с величиной полной ширины, полученной в предыдущей работе с использованием среднемирового значения бранчинга распада в электроны B_{ee} , а также с результатами предыдущих экспериментов. Адронная ширина J/ψ мезона измерена с точностью в четыре раза выше, чем в предыдущем прямом измерении коллаборации BES. На рис.2 показано сравнение измерения

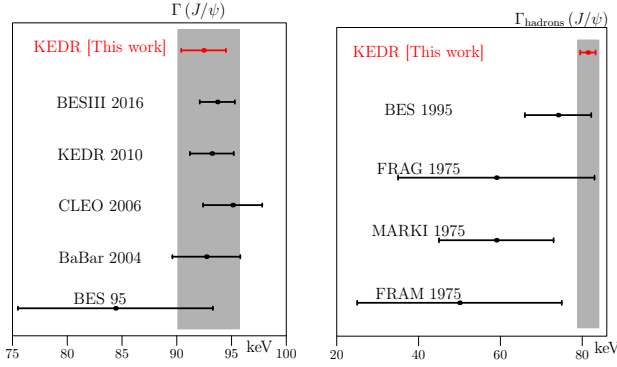


Рис. 2: Сравнение $\Gamma(J/\psi)$ и $\Gamma_{\text{hadrons}}(J/\psi)$ измеренными в наиболее точных экспериментах.

на детекторе КЕДР $\Gamma(J/\psi)$ и $\Gamma_{\text{hadrons}}(J/\psi)$ с результатами предыдущих измерений.

Анализ масс D-мезонов

Детектором КЕДР на коллайдере ВЭПП-4М в 2016-2017 годах, в максимуме сечения рождения $\psi(3770)$ -мезона был набран интеграл светимости $4,05 \text{ пб}^{-1}$, что в четыре раза больше в сравнении с предыдущим измерением детектора КЕДР 2010 г. Набранный интеграл светимости позволит измерить массу D^0 -мезона с точностью лучших мировых результатов, а массу D^+ -мезона с лучшей в мире точностью.

D^0 -мезон реконструируется в канале $K^-\pi^+$ ($Br = 3,89\%$), а D^+ -мезон — в канале $K^-\pi^+\pi^+$ ($Br = 8,98\%$). Масса D-мезонов определяется с помощью подгонки двухмерного распределения M_{bc} и ΔE . Инвариантная масса D-мезона (beam-constrained mass) вычисляется как $M_{bc} = \sqrt{(\frac{W}{2})^2 - (\sum_i \vec{p}_i)^2}$, где W - суммарная энергия электрона и позитрона в системе центра масс, \vec{p}_i - импульсы продуктов распада D-мезона. Вклад импульсного разрешения в точность измерения массы значительно подавлен из-за малости импульса D-мезона по сравнению с его массой. Вторая переменная для подгонки $\Delta E = \sum_i \sqrt{(m_i^2 + p_i^2)} - E_{\text{beam}}$ это разница энергий D-мезона и пучка. Энергия пучков ускорителя ВЭПП-4М измеряется методом резонансной деполяризации с высокой точностью. Для событий распада D-мезонов должно быть $\Delta E \simeq 0$. В анализе используется процедура подгонки методом максимального правдоподобия без разбиения, где одним из параметров подгонки является масса D-мезона. Форма распределений для сигнала и фона извлекаются из моделирования. Экспериментальные данные и результаты подгонки представлены на рисунках 3 и 4. Как и ожидалось, предварительные результаты по статистической точности лучше результата КЕДР 2010 года. В анализе для подавления фона планируется использование системы идентификации на основе аэрогелевых че-

ренковских счетчиков, что дополнительно улучшит точность измерения масс D-мезонов.

Измерение вероятностей эксклюзивных мод распадов в процессе $J/\psi \rightarrow \rho\pi$.

Вероятность распада J/ψ -мезона в систему $\rho\pi$ является наиболее высокой среди адронных распадов J/ψ . Тем не менее, определена вероятность распада только в $\rho^0\pi^0$ моду ($0,56 \pm 0,07\%$) и суммарная вероятность распада в $\rho\pi$ ($1,69 \pm 0,15\%$). В течение 2020 года была начата обработка статистики в области J/ψ -мезона набранной на коллайдере ВЭПП-4М в эксперименте КЕДР. Целью данной работы является измерение всех возможных мод распада в процессе $J/\psi \rightarrow \rho\pi$. Интегральная светимость набранная в ходе эксперимента 2014-2015 гг. составила около $1,4 \text{ пб}^{-1}$ в области пика J/ψ -резонанса. Примерно $0,25 \text{ пб}^{-1}$ было набрано вне резонансной области. В 2020 году выполнено моделирование исследуемых процессов и процессов, представляющих основной фон для искомым распадов. В настоящий момент ведётся отладка условий отбора и настройки моделирования трековой системы и калориметра детектора.

Измерение относительных вероятностей распадов J/ψ мезона в $2(\pi^+\pi^-)\pi^0$, $K^+K^-\pi^+\pi^-\pi^0$, $2(\pi^+\pi^-)$ и $K^+K^-\pi^+\pi^-$

В 2007 году коллаборация BaBar опубликовала измерение относительной вероятности распада $B(J/\psi \rightarrow 2(\pi^+\pi^-)\pi^0)$, при этом полученное группой значение ($5,46 \pm 0,9 \pm 3,4\%$) оказалось существенно выше, чем полученные ранее группами PLUTO ($3,64 \pm 0,52\%$), MARK-II ($3,17 \pm 0,42\%$) и DM2 ($3,25 \pm 0,49\%$). В 2018 г. среднее значение PDG для этой вероятности составляло ($4,1 \pm 0,5\%$) (масштабный фактор 2,4).

Значение для вероятности распада $B(J/\psi \rightarrow K^+K^-\pi^+\pi^-\pi^0) = (1,92 \pm 0,08 \pm 0,15)\%$, опубликованное BaBar в той же работе, также оказалось значительно выше результата единственного измерения этой величины, выполненного MARK-I в 1977 г. ($1,2 \pm 0,3\%$). В 2018 году среднее значение PDG для этой вероятности составляло ($1,79 \pm 0,29\%$) (масштабный фактор 2,2).

В 2019г. коллаборация BES-III опубликовала новое значение вероятности распада $B(J/\psi \rightarrow 2(\pi^+\pi^-)\pi^0) = (4,73 \pm 0,44)\%$, хорошо согласующееся с измерением BaBar, но плохо согласующееся с более ранними измерениями других групп. Эти противоречащие друг другу результаты для распадов $J/\psi \rightarrow 2(\pi^+\pi^-)\pi^0$, $J/\psi \rightarrow K^+K^-\pi^+\pi^-\pi^0$, полученные разными группами, говорят о необходимости провести новые измерения с целью уточнения величин вероятностей данных распадов.

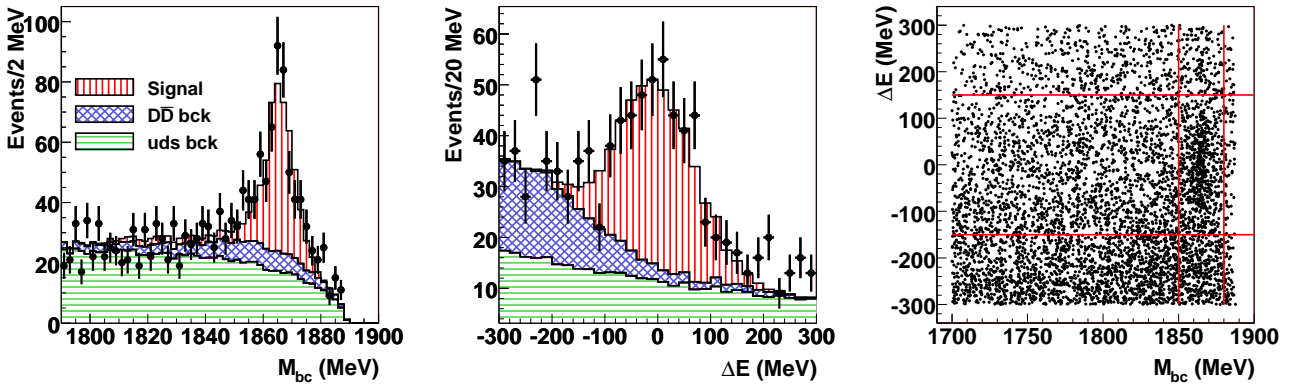


Рис. 3: Экспериментальные данные (точки с ошибками) и результаты подгонки (гистограмма) для процесса $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$. Распределение M_{bc} (слева), ΔE (в центре) и корреляция $M_{bc}-\Delta E$ (справа).

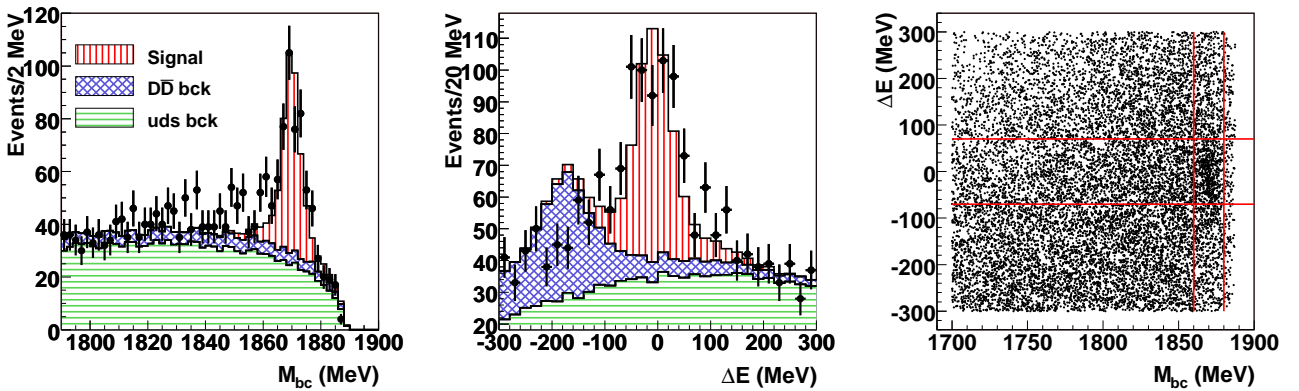


Рис. 4: Экспериментальные данные (точки с ошибками) и результаты подгонки (гистограмма) для процесса $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$. Распределение M_{bc} (слева), ΔE (в центре) и корреляция $M_{bc}-\Delta E$ (справа).

В 2020 году на детекторе КЕДР было выполнено новое измерение относительных вероятностей $J/\psi \rightarrow 2(\pi^+ \pi^-)$, $J/\psi \rightarrow K^+ K^- \pi^+ \pi^- \pi^0$. Полученные результаты:

$$\begin{aligned} B(J/\psi \rightarrow 2(\pi^+ \pi^-)) &= (5,27 \pm 0,04 \pm 0,32)\%, \\ B(J/\psi \rightarrow K^+ K^- \pi^+ \pi^- \pi^0) &= (1,75 \pm 0,03 \pm 0,17)\% \end{aligned}$$

хорошо согласуются с результатами ВаВаг и BES-III и, видимо, свидетельствуют в пользу пересмотра значений PDG для вероятностей данных распадов сторону больших значений. Также были измерены относительные вероятности

$$\begin{aligned} B(J/\psi \rightarrow 2(\pi^+ \pi^-)) &= (0,318 \pm 0,006 \pm 0,022)\%, \\ B(J/\psi \rightarrow K^+ K^- \pi^+ \pi^- \pi^0) &= (0,663 \pm 0,012 \pm 0,062)\%, \end{aligned}$$

которые неплохо согласуются со значениями PDG, $B(J/\psi \rightarrow 2(\pi^+ \pi^-)) = (0,357 \pm 0,030)\%$ и $B(J/\psi \rightarrow K^+ K^- \pi^+ \pi^- \pi^0) = (0,684 \pm 0,032)\%$. На рис. 5 показаны результаты измерений относительных вероятностей распадов J/ψ -мезона в вышеупомянутые конечные состояния, полученные на детекторе КЕДР и измерений, выполненных другими группами.

Новая дрейфовая камера

Дрейфовая камера является основной трековой системой детектора. Она предназначена для определения импульсов заряженных частиц по измерению кривизны траектории в магнитном поле, а также для измерения ионизационных потерь частиц с целью их идентификации. Существующая дрейфовая камера детектора КЕДР задействована в экспериментах уже на протяжении 20 лет, и сегодня её функционирование осложнено сильной чувствительностью к условиям работы, в том числе к концентрации примесей в газе и уровню фоновой загрузки детектора. Кроме этого, наличие нерабочих областей приводит к ухудшению качества реконструкции треков частиц. В связи с необходимостью иметь более надёжную и стабильно работающую систему изготавливается новая дрейфовая камера. За прошлые периоды была выполнена сборка корпуса камеры, создана предварительная нагрузка на торцевые диски, изготовлены и протестированы все конструктивные элементы и сборки, включая секторы высоковольтного питания и камерной электроники.

В 2020 году было сделано следующее: Заверше-

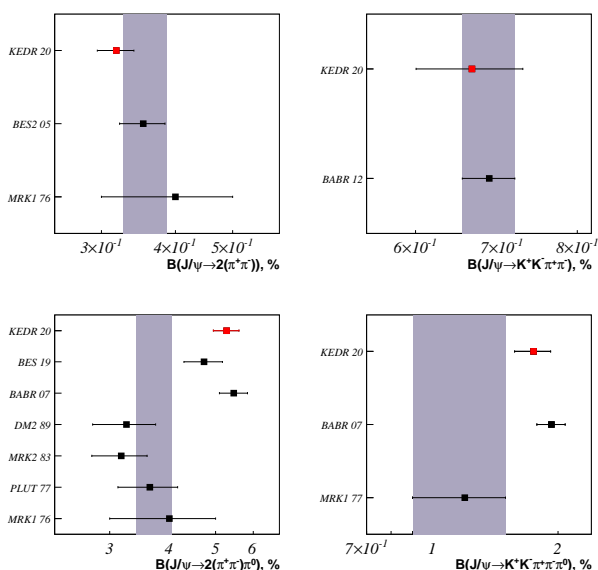


Рис. 5: Сравнение результатов измерений относительных вероятностей распадов J/ψ -мезона в конечные состояния $2(\pi^+\pi^-)\pi^0$, $K^+K^-\pi^+\pi^-\pi^0$, $2(\pi^+\pi^-)$ и $K^+K^-\pi^+\pi^-$, выполненных на детекторе КЕДР и измерений, выполненных другими группами. Серые вертикальные полосы – значения PDG (2020) для данных распадов.

на подготовка к процессу натяжения проволочек. Установлены пины для подачи электростатического потенциала на сегменты внутренней и внешней обечаек (рис. 6).

Полностью проверен и настроен комплект новой регистрирующей электроники, состоящий из 50 плат ТАМ, которые предназначены для измерения времени дрейфа и амплитуды сигнала.

Достигнута договорённость с АО «Денисовский завод» о производстве новой золочёной титановой проволоки диаметром 70 микрон. Было составлено и согласовано с заводом техническое задание, а также отработана технология изготовления проволоки. Она будет использоваться для натяжения экранных проволочек, доля которых во всей проволочной структуре дрейфовой камеры составляет около 15%.

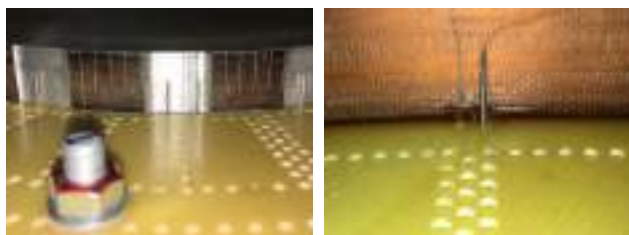


Рис. 6: Пины с проводниками для передачи потенциала на сегментированный экран внутренней (слева) и внешней (справа) обечаек.

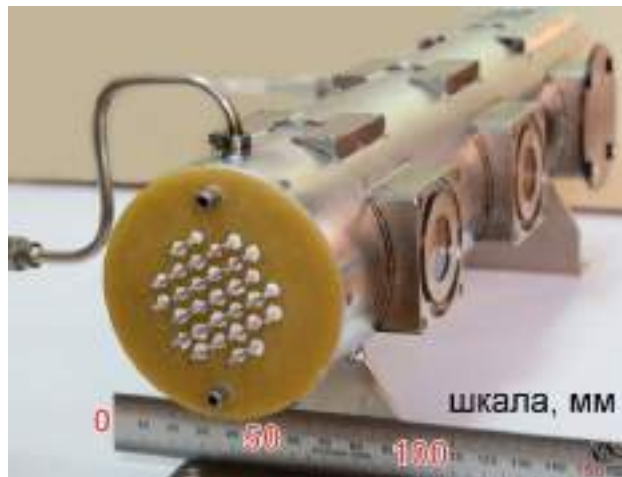


Рис. 7: Прототип ячейки дрейфовой камеры детектора для СЧТФ.

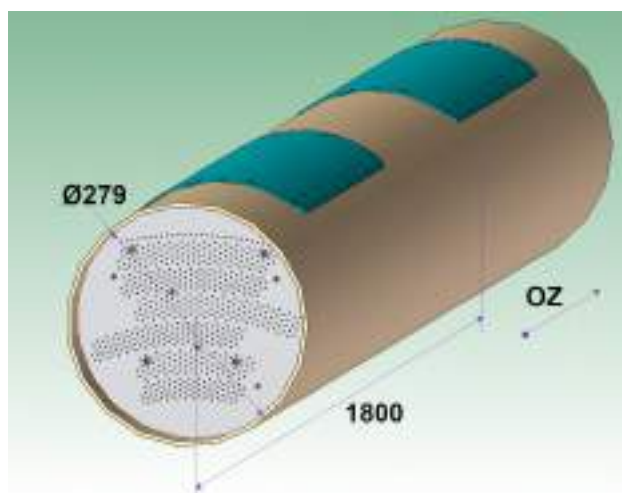


Рис. 8: Прототип дрейфовой камеры детектора для СЧТФ.

В связи с отсутствием экранной проволоки фаза натяжения проволочек оказалась отложена, но при этом в 2020 году были продолжены работы по разработке дрейфовой камеры детектора для Супер Чарм-тау фабрики (СЧТФ). В этот период завершено изготовление прототипа дрейфовой ячейки (рис. 7), или малого прототипа, на котором планируется не только определить рабочую точку пропорционального режима газового усиления, но и изучить влияние различных примесей в газе на радиационную стойкость ячейки. Кроме того, этот прототип позволит исследовать качество поверхности новой катодной проволоки, которая будет использоваться в дрейфовой камере. Вместе с тем, начато конструирование большого прототипа, являющегося полноразмерным в направлении OZ (рис. 8). Была определена его проволочная структура и выполнена проработка основных элементов корпуса, деталей газовой системы, термодатчиков. Для торцевых пластин прототипа заложено при-

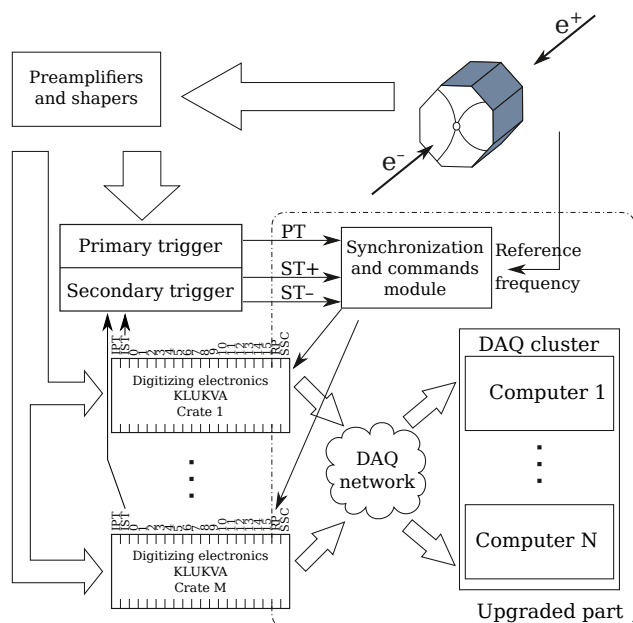


Рис. 9: Модернизируемые компоненты системы сбора данных: процессор вывода (ПВ), модуль частот и синхронизации (МЧС), а также вычислительный кластер.

менение нового материала высокомодульного углепластика. Это позволит в дальнейшем сделать вывод о возможности использования этого материала при изготовлении всего корпуса дрейфовой камеры.

Новая система сбора данных

В 2020 году продолжалась разработка, развитие и отладка электроники и программного обеспечения новой системы сбора данных (ССД) (Рис. 9).

Для обновления ССД разрабатываются блоки двух типов: процессор вывода (ПВ) и модуль частот и синхронизации (МЧС) (Рис. 10, 11).

Блок ПВ предназначен для использования в составе ССД детектора КЕДР в качестве контроллера крейта Ключва. На блок возлагаются задачи управления режимами работы информационных и триггерных плат, размещенных в крейте, чтение информации о событии, взаимодействие с прочими частями ССД. Блок МЧС предназначен для обеспечения синхронизации работы электроники, передачи сигналов от Триггера (первичного и вторичного), сбора статусной информации. В прототипе блока ПВ был исправлен ряд ошибок обнаруженных ранее, в том числе устранена ошибка в распайке компонент интерфейса связи C-Link приводившая к возникновению ложных запусков на логически выключенных выходах МЧС. Увеличена стабильность сетевого обмена. Получены от разработчиков блоки МЧС, имеющие входы для внешнего запуска. Ведётся написание управляющих и диагностических программ для чтения событий в ручном режиме.

Стенд разработки ССД расширен управляемы-



Рис. 10: Исправленная версия процессора вывода (ПВ).



Рис. 11: Вид передней (сверху) и задней (снизу) панели модуля частот синхронизации (МЧС).



Рис. 12: Стойка коммутаторов ССД

ми блоками имитации сигналов КЛЮКВЫ. При участии ОВС проложен канал связи, соединяющий стенды КЕДР и разработчиков электроники. Начат монтаж оборудования в машзале КЕДР, установлена стойка коммутаторов ССД (Рис. 12), изготовлено большинство кабелей от крейтов КЛЮКВЫ к ней.

В части разработки общего программного обеспечения продолжалась реализация согласованной совместной работы нескольких компьютеров кластера ССД. Ранее было введено понятие раздела ССД, как набор подсистем детектора набирающих данные совместно, а также сборочной группы для управления передачей данных между сервисами ССД в соответствии с заданными правилами. К настоящему моменту разработаны алгоритмы проверки корректности конфигурации источников данных раздела ССД. Ведётся разработка алгоритмов распределения вычислительных ресурсов сборочных групп. Начаты работы по проектированию и разработке интерфейса прикладных программ к ССД. Определены основные требования к предоставляемому интерфейсу.

Система аэрогелевых пороговых черенковских счетчиков АШИФ детектора КЕДР

С 2014 года качество системы счетчиков АШИФ детектора КЕДР контролируется на космических мюонах. Такая калибровка проводится 1-2 раза в неделю при наборе специальных заходов без пучков в ускорителе. Амплитуда сигнала в счетчиках за последние семь лет в среднем уменьшилась на 40% (см. пример на рис. 13). Анализ причин такого падения так же был проведен при помощи статистики, набранной с космическими мюонами и более детально представлены в работе. Основными причинами уменьшения амплитуды сигнала являются падение световых выходов в аэрогеле (22%) и падение квантовой эффективности ФЭУ (18%). Несмотря на то, что амплитуда в счетчиках значительно уменьшилась, ожидаемое π/K -разделение, прокалиброванное по космическим мюонам за семь лет изменилось не столь значительно. На рисунке 14 представлена зависимость π/K -разделения от времени в числе стандартных отклонений (σ) для диапазо-

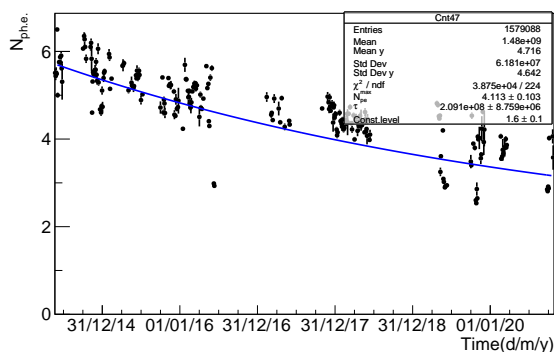


Рис. 13: Амплитуда сигнала (число зарегистрированных фотоэлектронов) с баррельного счетчика №47 в зависимости от времени, полученная на космических мюонах с импульсом больше 1 ГэВ/с.

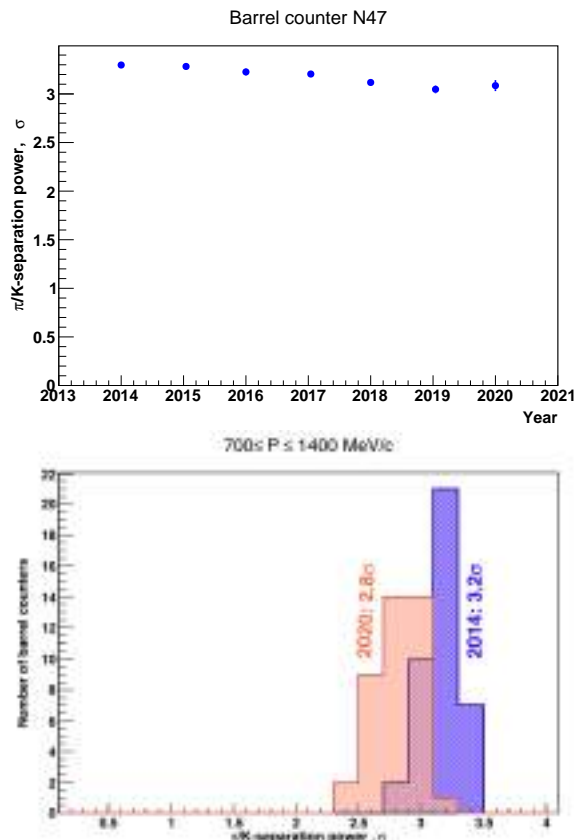


Рис. 14: Качество π/K -разделения в числе стандартных отклонений (σ): для баррельного счетчика №47 в зависимости от времени (сверху), распределение баррельных счетчиков по разделению в числе σ в 2014 году и в 2020 году (снизу).

на импульсов $700 \leq P \leq 1400$ МэВ/с для баррельного счетчика №47 (слева), распределение по всем баррельным счетчикам в 2014 и 2020 году (справа). В среднем по баррельной части системы π/K -разделение в рабочем диапазоне импульсов было на уровне $3,2\sigma$ в 2014 году и находится на уровне $2,8\sigma$ в 2020 году.

Модернизация метода АШИФ для проекта Супер Чарм-Тау фабрики

В рамках разработки системы идентификации для проекта Супер Чарм-Тау фабрики в 2018-2019 годах было предложено использовать аэрогелевые пороговые черенковские счетчики, построенные по схеме АШИФ. Было показано, что при использовании кремниевых ФЭУ (КФЭУ) можно обеспечить надежное μ/π -разделение в диапазоне импульсов от 500 до 900 МэВ/с и π/K -разделение — от 600 до 3000 МэВ/с. В 2020 году были проведены расчеты и показано, что модернизация работающих в эксперименте СНД и КЕДР систем АШИФ путем замены ФЭУ на основе микроканальных пластин (МКП) на КФЭУ даст увеличение амплитуды

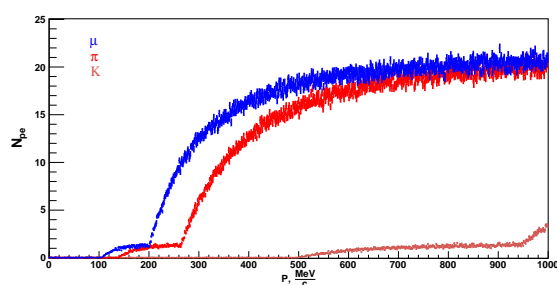


Рис. 15: Ожидаемая амплитуда сигнала в аэрогелевых счетчиках СНД с $n = 1, 13$ после модернизации в зависимости от импульса частиц.

сигнала примерно в 2-2,5 раза, что должно существенно улучшить качество и надежность идентификации частиц. Поэтому в 2020 году было принято решение о модернизации системы аэрогелевых черенковских счетчиков АШИФ для эксперимента СНД. Данная система состоит из 9 счетчиков с общим объемом аэрогеля 9 литров. В эксперименте СНД используется два комплекта счетчиков с показателем преломления 1,05 для e/π -разделения на низких энергиях эксперимента (в районе рождения ρ -мезона) и с показателем преломления 1,13 для π/K -разделения в диапазоне импульсов от 300 до 900 МэВ/с. Такую модернизацию можно провести в течении одного двух лет с предварительным прототипированием основных узлов. Основной выигрыш в этой модернизации от замены ФЭУ с МКП на КФЭУ по результатам моделирования ожидается следующим:

- система с $n=1,05$: 4,5 фэ \rightarrow 8÷10 фэ
- система с $n=1,13$: 9,5 фэ \rightarrow 18÷20 фэ

На рисунке 15 представлена полученная из моделирования зависимость числа фотоэлектронов от импульса в системе аэрогелевых черенковских счетчиков СНД после модернизации. При использовании КФЭУ основным источником допороговой эффективности по расчетам будут собственные шумы КФЭУ, поэтому очень важным элементом конструкции модернизированной системы является система термостабилизации и охлаждения фотонных сенсоров. На рисунке 16 представлена конструкция крепления линейки КФЭУ и системы охлаждения сжатым воздухом. Достоинство данной конструкции заключается в ее компактности. Такая конструкция может быть установлена в имеющиеся корпуса системы аэрогелевых счетчиков без существенных доработок.

В 2020 году на экспериментальном производстве ИЯФ был изготовлен прототип радиатора для системы охлаждения и начаты работы по его испытанию и созданию прототипа счетчика АШИФ для

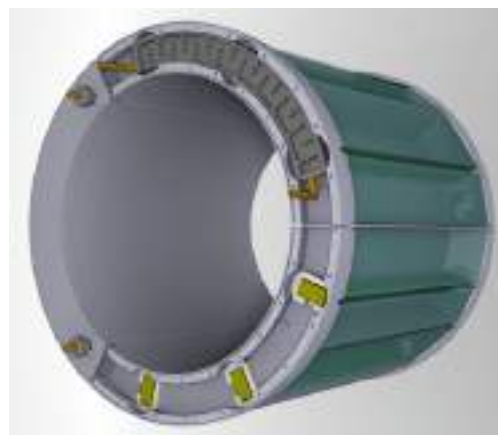


Рис. 16: Конструкции крепления и охлаждения КФЭУ в системе АШИФ детектора СНД: замена ФЭУ с МКП на линейку КФЭУ и систему термостабилизации (охлаждения) воздухом

эксперимента СНД на основе кремниевых фотумножителей.

Лазерный поляриметр

Для измерения масс и лептонных ширин Υ -мезонов требуется калибровка энергии пучка ВЭПП-4М в области энергий $E = 5$ ГэВ. На энергии ниже 2 ГэВ для измерения энергии пучка используется метод резонансной деполаризации с тушековским поляриметром. Однако эффективность тушековского поляриметра быстро падает с ростом энергии. Поэтому для измерения поляризации было решено использовать эффект асимметрии обратно рассеянных циркулярно поляризованных фотонов на вертикально поляризованных электронах. Схема установки изображена на рис 17. Лазерный луч, поляризация которого изменяется при помощи ячейки Поккельса, фокусируется на электронном пучке. Обратно рассеянные комптоновские гамма-кванты после конвертации в электрон-позитронные пары в 12 мм свинца регистрируются при помощи двухкоординатного газового детектора на основе тройных ГЭУ.

В 2020 году введена в эксплуатацию новая система управления запуском лазера и управления поляризацией на основе электроники VME. Новая система обеспечивает стабильное время накачки лазера, а также псевдослучайную последовательность переключения циркулярной поляризации лазерного луча. Это подавляет ложный поляризационный эффект, вызванный нестабильностью орбиты пучка из-за пульсаций источников питания магнитной системы ускорителя, а также акустическими вибрациями оптической системы поляриметра.

Для запуска координатного детектора фотонов теперь используется два триггерных NIM сигнала, вместо одного триггерного и флага поляриза-

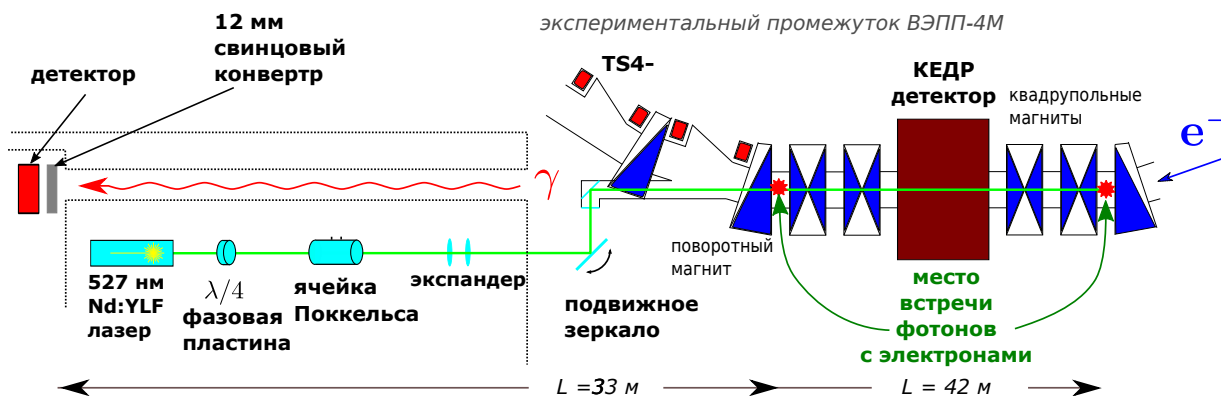


Рис. 17: Схема установки Лазерный поляриметр

ции. Предыдущая схема приводила к разной эффективности регистрации для разных поляризаций, а также давала ложно положительный эффект на уровне 10%.

Начата разработка нового алгоритма обработки данных детектора: подгонка углового распределения комптоновского рассеяния, вместо использования центра тяжести пятна рассеянных фотонов.

Спроектирован и идет изготавливается новый узел ввода лазерного излучения в вакуумную камеру ускорителя с охлаждаемым водой медным зеркалом (рис. 18). С новым зеркалом ожидается увеличение скорости счёта в несколько раз.

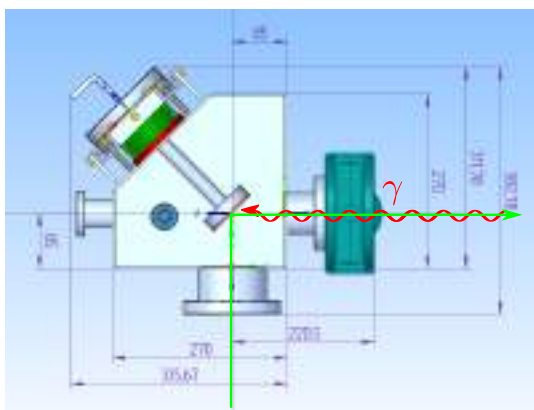


Рис. 18: Новый узел ввода лазерного излучения в вакуумную камеру ВЭПП-4М

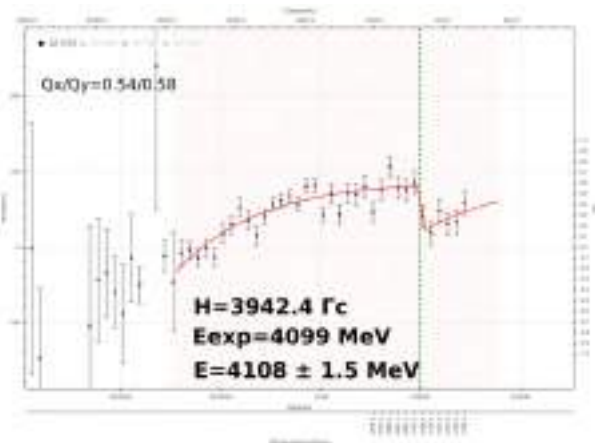


Рис. 19: Наблюдение радиационной поляризации и калибровка энергии пучка ВЭПП-4М

Проведены исследования режима ВЭПП-4М для увеличения поляризации на энергии $E=4,73$ ГэВ. Для этого исследовано влияние на степень поляризации электронного пучка компенсирующих соленоидов детектора КЕДР. Выполнена калибровка энергии на более низкой энергии 4,1 ГэВ (рис. 19).

УЧАСТИЕ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ CMS на LHC

Анализ по поиску рождения двух хиггсовских бозонов в конечном состоянии $b\bar{b}\gamma\gamma$.

Группа ИЯФ СО РАН принимает активное участие в анализе данных набранных детектором CMS. В 2020 г. был завершен анализ данных по поиску рождения двух бозонов Хиггса (HH) с их распадом в конечном состоянии $b\bar{b}\gamma\gamma$, в конце ноября 2020 г была отправлена статья в JHEP. Процесс рождения двух хиггсовских бозонов является процессом, предсказываемым в стандартной модели (рис. 1). Первая диаграмма на этом рисунке пропорциональна связи ННН (λ). Рождение пары хиггсовских бозонов возможно также в процессах, предсказываемых в BSM (рис. 2). Диаграммы, описывающие рождение пары хиггсовских бозонов в процессах VBF показаны на рис. 3.

Параметр λ является фундаментальным параметром стандартной модели и связан с массой хиггсовского бозона и вакуумным средним хиггсовского поля. Поэтому измерение рождения двух хиггсовских бозонов является важным процессом для проверки стандартной модели и поиска возможных эффектов, предсказываемых вне стандартной модели. Константа λ описывает форму потенциала хиггсовского поля. В частности этот фундаментальный параметр оказывает большое влияние, как на наше понимание самых ранних этапов возникновения нашей Вселенной, так и на предсказания её дальнейшего развития. В рамках стандартной модели сечение рождения HH очень мало, в 1000 раз меньше сечения рождения одного бозона Хиггса. По этой причине это сечение до сих пор не было измерено. Однако вклады новой физики, находящейся за пределами стандартной модели, могут существенно увеличить сечение рождения HH. Таким образом, поиск сечения рождения HH является важной проверкой стандартной модели.

Анализ проведен с использованием данных, набранных детектором CMS с суммарной энергией протон-протонных столкновений 13 TeV в 2016-2018 годах с интегральной светимостью 137 fb^{-1} . Мода распада HH $\rightarrow \gamma\gamma b\bar{b}$, в которой проводился поиск, является одной из наиболее чувствительных к этому процессу. Помимо основного механизма рождения HH через слияние двух глюонов, также изучался и механизм рождения HH через слияние двух векторных бозонов. Изучение этого механизма дает возможность измерить константу связи двух бозонов Хиггса с двумя векторными бозонами. Также в рамках этой работы была проведена совместная подгонка изучаемого сечения и сечения рождения бозона Хиггса вместе с парой t-кварков (ttH). Это было сделано в первую очередь для того чтобы улучшить ограничение на константу связи бозона Хиггса и t-кварка. В результате был получен (ожидаемый) верхний предел на сечение рождения HH с распадом в $b\bar{b}\gamma\gamma$ $0,67 (0,45) \text{ fb}$, что в $7,7 (5,2)$ раза больше предсказаний стандартной модели (рис. 4). На отноше-

ние константы связи трех бозонов Хиггса к её предсказанию в рамках стандартной модели $k_\lambda = \lambda/\lambda^{\text{SM}}$ было получено (ожидаемое) ограничение $-3,3 < k_\lambda < 8,5$ ($-2,5 < k_\lambda < 8,2$). На данный момент это ограничение является самым строгим. Также было получено ограничение на отношение константы двух бозонов Хиггса с двумя векторными бозонами к предсказанию для неё в рамках стандартной модели $-1,31 < c_{2v} < 3,45$ ($-0,93 < c_{2v} < 3,05$) (рис. 5). Это первое ее измерение на CMS.

Вклад группы ИЯФ в этот анализ был существенным и был отмечен коллаборацией CMS. В частности члену нашей группы было доверено представлять окончательную версию анализа перед коллаборацией (approval talk).



Рисунок 1. Диаграммы Фейнмана, описывающие рождение пары хиггсовских бозонов в глюон-глюонных столкновениях в стандартной модели.

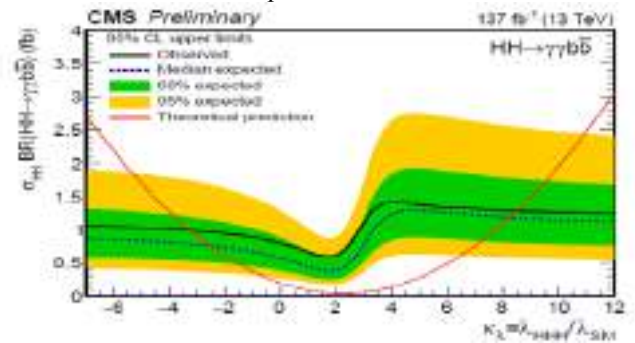


Рисунок 4. Ожидаемый и измеренный верхний пределы (95% CL) на произведение сечения HH рождения на вероятность распада HH $\rightarrow b\bar{b}\gamma\gamma$. Зеленая и желтая области соответствуют одному и двум стандартным отклонениям от ожидаемого предела. Красная линия показывает теоретическое предсказание.

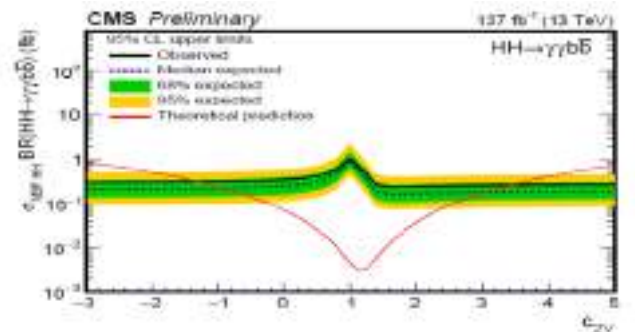


Рисунок 5. Ожидаемый и измеренный верхний пределы (95% CL) на произведение сечения HH рождения на вероятность распада HH $\rightarrow b\bar{b}\gamma\gamma$ в процессе VBF для различных величин c_{2v} . Зеленая и желтая области соответствуют одному и двум стандартным отклонениям от ожидаемого предела. Красная линия показывает теоретическое предсказание.

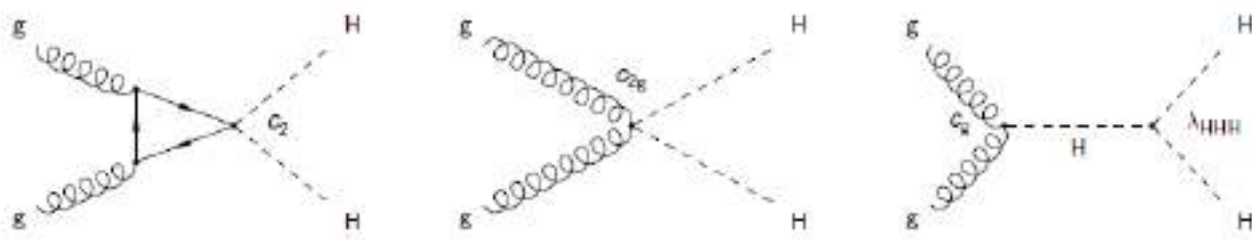


Рисунок 2. Диаграммы Фейнмана, описывающие рождение пары хиггсовских бозонов в глюон-глюонных столкновениях в BSM.

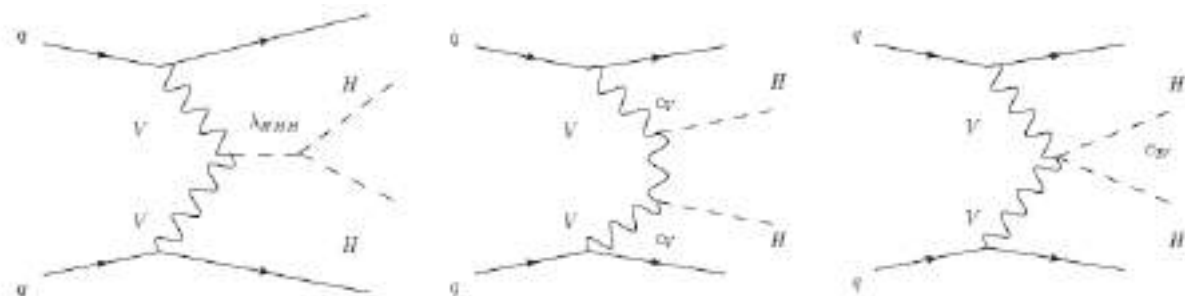


Рисунок 3. Диаграммы Фейнмана, описывающие рождение пары хиггсовских бозонов в процессах VBF. Первые две диаграммы являются процессами предсказываемыми в стандартной модели, третья диаграммы является процессом в BSM.

Измерение прозрачности кристаллов электромагнитного детектора CMS калориметра

Электромагнитный калориметр представляет собой герметичный калориметр из кристаллов вольфрамата свинца ($PbWO_4$), его баррельная часть состоит из 61200 кристаллов, и каждая торцевая часть содержит по 7324 кристалла. Под воздействием радиационного облучения прозрачность кристаллов изменяется во времени и может частично восстанавливается в периоды отсутствия облучения. Для отслеживания изменений прозрачности в непрерывном режиме работает специальная система лазерного контроля. Измерения проводятся с использованием двух лазеров, один из которых работает в синей области спектра на длине 447нм, а второй – в зеленой области на длине 527нм. В течение набора данных с помощью этой системы производится онлайн калибровка прозрачности кристаллов. Эволюция прозрачности с 2011 года по 2018 год, полученная с использованием обоих лазеров, приведена на рис.6.

В 2020 году группа ИЯФ продолжала участвовать в мониторинге системы лазерной калибровки электромагнитного калориметра детектора CMS. В течении 2019-2020 набора данных на детекторе CMS не осуществлялось. Однако регулярно, раз в несколько месяцев, электромагнитный калориметр включался, и производилась запись космических заходов с одновременной калибровкой прозрачностей кристаллов. Эти дан-

ные требовалось получить, произвести проверку их качества и сохранить в базу данных. Кроме того, контролировался процесс восстановления прозрачности кристаллов. На рис.7 приведены данные демонстрирующие процесс восстановления прозрачностей с конца 2018 года по октябрь 2020 года для двух групп кристаллов, расположенных в барреле (вверху) и торце (внизу) электромагнитного калориметра. Кривой показан результат аппроксимации суммой трех экспонент.

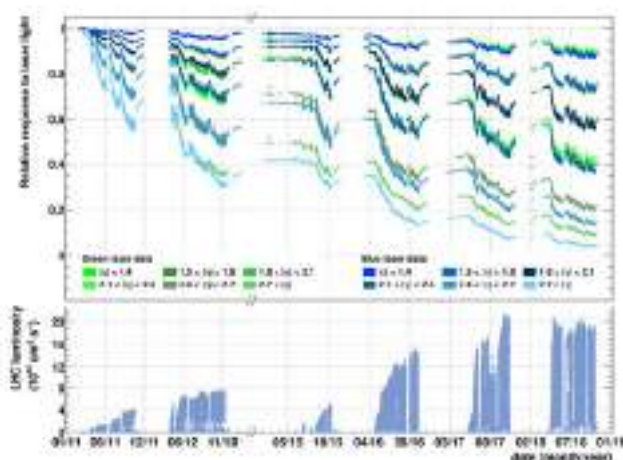


Рисунок 6. Эволюция прозрачности, измеренная с использованием синего (447нм) и зеленого (527нм) лазеров в период с 2011 по 2018гг.

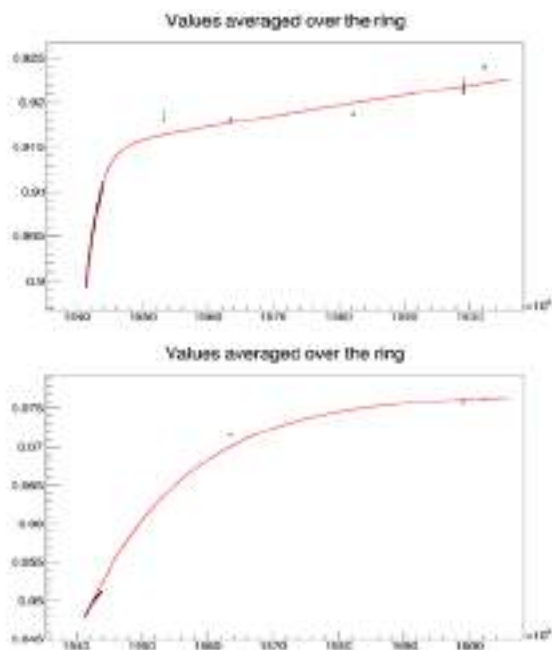


Рисунок 7. Изменение прозрачности кристаллов с конца 2018 года по октябрь 2020 года для группы кристаллов в барреле (вверху) и торца (внизу). Красной линией показан результат аппроксимации суммой трех экспонент.

DAQ MTD детектора CMS для Phase II. Тестовый стенд для проверки электроники для баррельного временного слоя (BTL).

В середине 2020-х годов на Большом Адронном Коллайдере планируется поднять светимость до уровня $5 \cdot 10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$. При такой светимости в детекторах CMS и ATLAS ожидается до 200 протон-протонных взаимодействий на одно столкновение пучков. Для уменьшения негативных эффектов, связанных с наложением событий из разных вершин в детекторных системах и, соответственно, поддержания эффективности реконструкции событий на уровне 80-90%, необходимо использовать так называемую 4D реконструкцию. В этом случае получают не только координатную информацию с детектора, но и время регистрации частиц в детекторных системах. Для обеспечения требуемой эффективности реконструкции событий, время регистрации частиц в детекторе должно быть определено с точностью не хуже 30 пс. Поэтому сегодня ведётся разработка более быстрой электроники для калориметров, а также специализированной системы для измерения времени пролёта минимально-ионизирующих частиц с временным разрешением лучше 30 пс – временного детектор MTD (рис.8).

1. Стенд для проверки FE электроники системы MTD

В общем случае электроника системы MTD состоит из:

- FE (front-end electronics) электроники. Эта

электроника выполнена на основе интегральных схем специального назначения (ASIC) под названием TOFHIR.

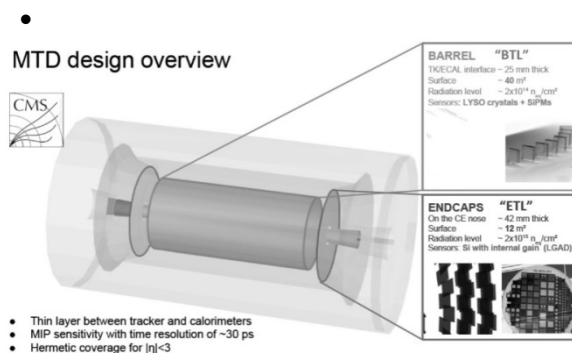


Рисунок 8. Система MTD детектора CMS.

- платы концентратора (CC), предназначенной для сбора данных от FE электроники и медленного контроля TOFHIR и плата концентратора будет располагаться в непосредственной близости от детектора, т.е. в радиационной зоне.

- BE (back-end electronics) электроники, находящейся в защищённом от радиации зале. Эта электроника получает данные от платы концентратора и передаёт их в систему сбора данных (ССД)

Работа посвящена созданию стенда для проверки электроники системы сбора данных для системы BTL детектора CMS. Структура тестового стенда показана на рис.9. Стенд состоит из:

- отладочной платы Xilinx KCU105, которая отвечает за эмуляцию работы BE электроники с 10 канальным преобразователем электронных сигналов в оптические FireFly FMC
- генератора тактовой частоты (Clock generator CG635)
- модуля оптического разветвителя (Fibres cassette)
- платы концентратора (BTL Concentrator Card - CC)
- источник питания (Power supply)
- осциллографа (Oscilloscope)
- серверной машины (PC)

Стенд располагается в ЦЕРНе в B27-R-005.

Для обмена данными с платой концентратором в проекте для отладочной платы Xilinx KCU105 был реализован интерфейс IpGBT-FPGA, а для обмена с ПК интерфейс ipBUS. Блок-схема проекта для ПЛИС отладочного набора KCU105 показана на рис 10.

Программное обеспечение (firmware) аппаратной части описано в виде изолированных Модулей и Контроллеров, ориентированных на конкретные задачи, выполняемые платой. Каждый интерфейс IpGBT-FPGA имеет свой набор модулей и контроллеров предназначенных для обмена данными с платой концентратором (рис.10 "Payload modules"). Все модули «называются» на внутреннюю Шину проекта - ipBUS. Данная шина имеет 32-ти битную ширину, как для данных, так и для адресов Модулей.

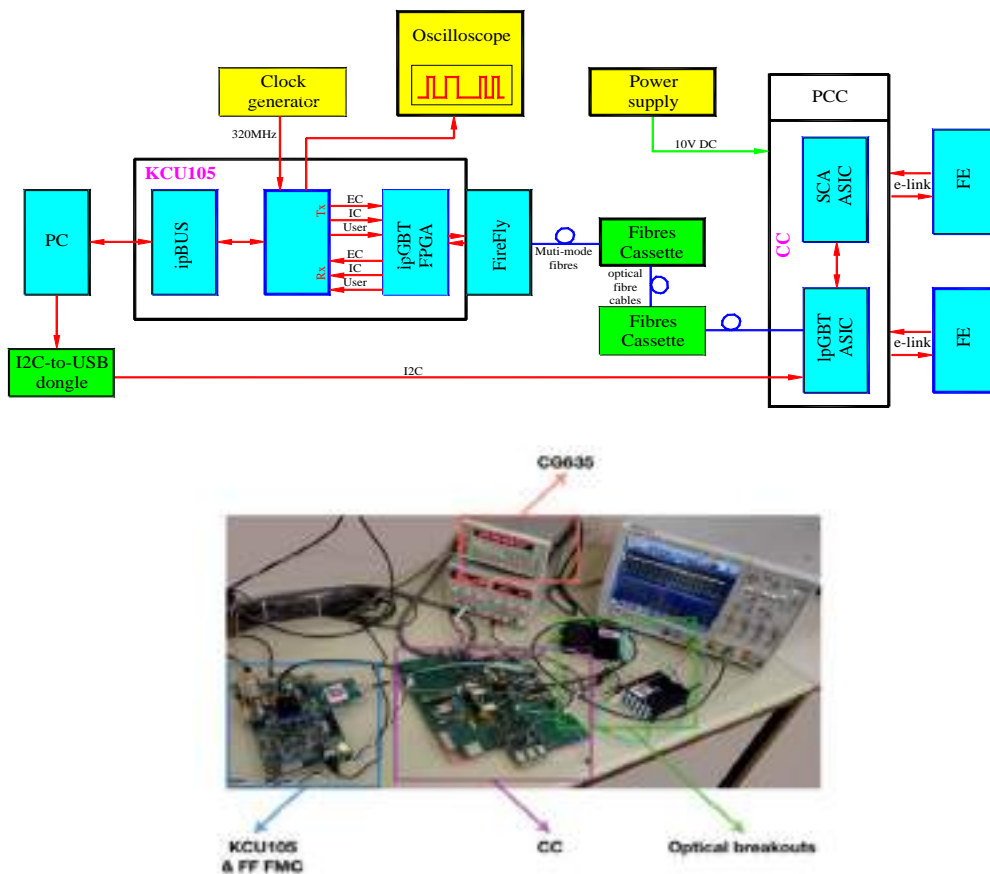


Рисунок 9. Тестовый стенд MTD, (вверху) функциональная схема, (внизу) фотография стенда.

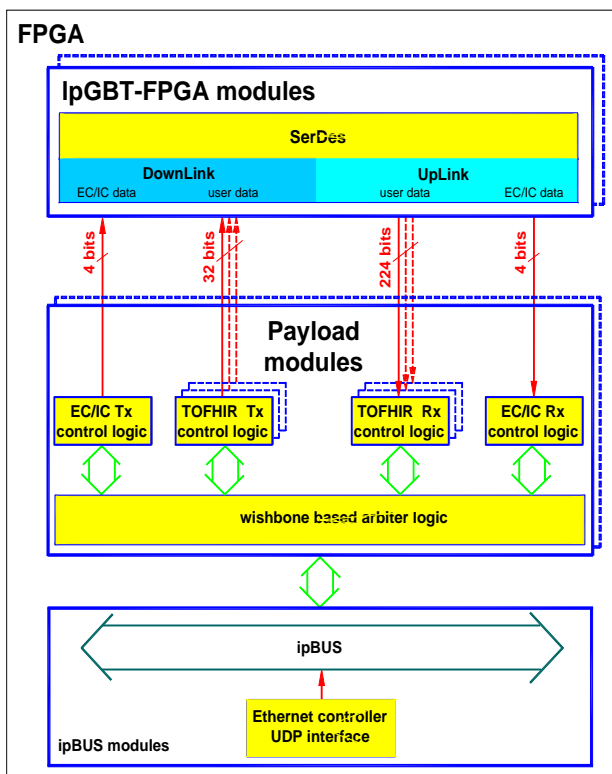


Рисунок 10. Блок-схема проекта для ПЛИС KCU105.

Обмен данными с IpGBT-ASIC происходит по двум оптическим линиям передачи. Для этого в состав IpGBT-FPGA входит приёмник данных (Uplink), работающий со скоростью 10,24 Гбит/с, и передатчик данных (Downlink) - 2,56 Гбит/с.

Через интерфейс IpGBT-FPGA происходит обмен с SCA-ASIC, обеспечивается доступ к внутренним регистрам платы концентратора и управление/считывание данных с FE электроникой через E-Link.

Внутренние Ресурсы платы доступны для пользователя (программно) через контроллер Ethernet, входящий в состав интерфейса ipBUS. Контроллер Ethernet обеспечивает пакетный обмен данными между Блоком и ПК. В контроллере реализованы: протокол канального уровня ARP (Address Resolution Protocol), протокол транспортного уровня UDP (User Datagram Protocol).

2. Стенд для проверки FE электроники VTL группы

Электроника строится на основе ASIC чипов, которые называются TOFHIR ASIC. Эти чипы устанавливаются в модули по бшт. К каждой плате концентратора может быть подключено до 4 модулей (т. е. до 24 TOFHIR ASIC).

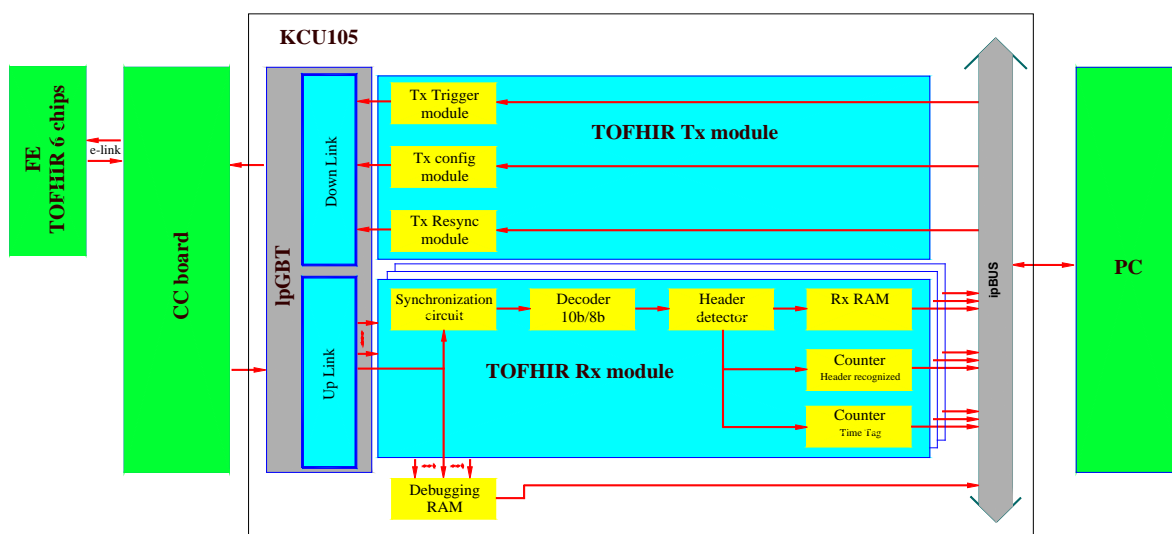
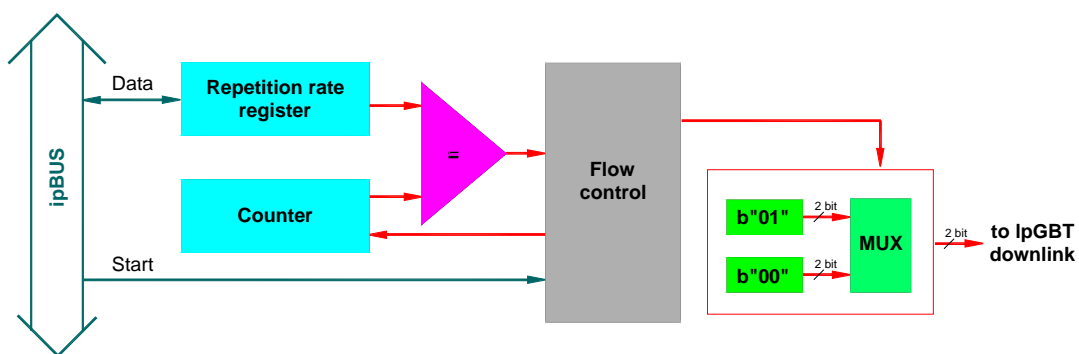
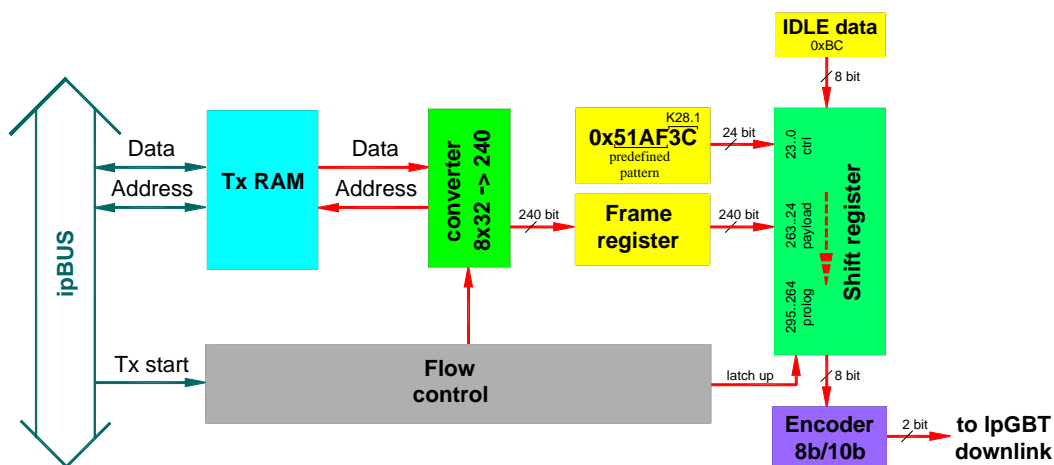


Рисунок 11. Блок-схема модулей коммуникации с FE электроникой.



а) Блок-схема модулей Tx Trigger и Tx Resync.



б) Блок-схема модуля Tx Config.

Рисунок 12. Внутренняя структура модулей управления FE электроникой.

Для управления чипами TOFHIR были реализованы три модуля – модуль Триггера (Tx Trigger module) и Ресинхронизации (Tx Resync module, рис.12) для запуска измерения, модуль Конфигурации (Tx Config module, рис.12) для управления режимами работы чипов.

Модуль Tx Config работает следующим образом. В память Tx RAM по интерфейсу ipBUS данные записываются для передачи чипу TOFHIR. По команде, полученной по интерфейсу ipBUS, данные преобразуются из формата 8x32бита в формат 240 бит. К этим данным добавляется заранее заголовок 0x51 AF и K28.1 и все эти данные идут в сдвиговый регистр. Сдвиговый регистр сдвигает данные на 8 бит каждый такт. Затем

данные с сдвигового регистра поступают на вход Encoder, который осуществляет кодирование 8 бит/10 бит. С выхода Encoder данные поступают на IpGBT Downlink.

Для приёма данных от FE электроники был написан модуль TOFHIR Rx module (рис.13). Данные на вход модуля приходят по четырём линиям от IpGBT uplink. В отсутствие передачи FE электроника отправляет комбинацию K28.5 (IDLE symbol). Эта комбинация используется для синхронизации работы модуля. Поток данных, поступающий из IpGBT uplink, декодируется, из потока выделяются отдельные пакеты, содержащие информацию от FE электроники.

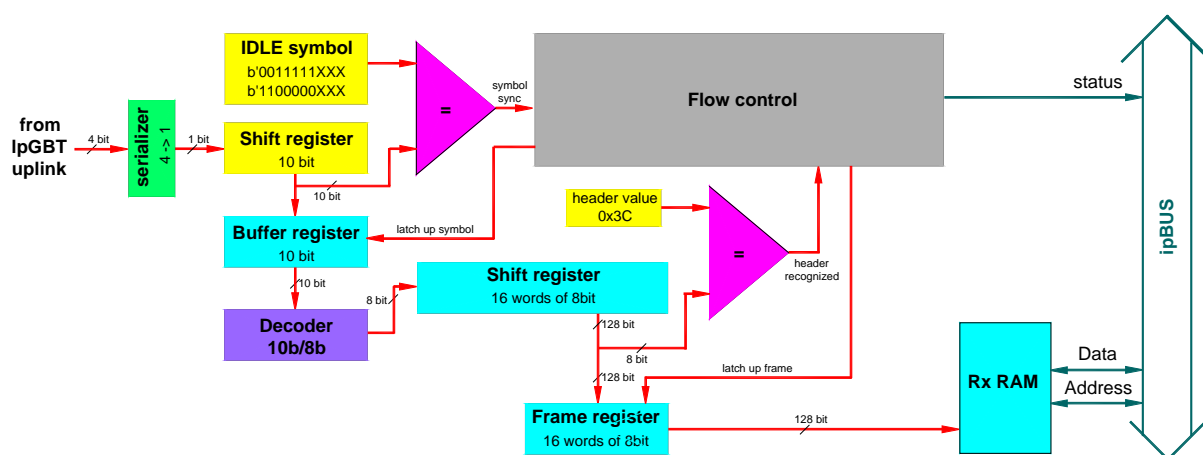


Рисунок 13. Модуль TOFHIR Rx.

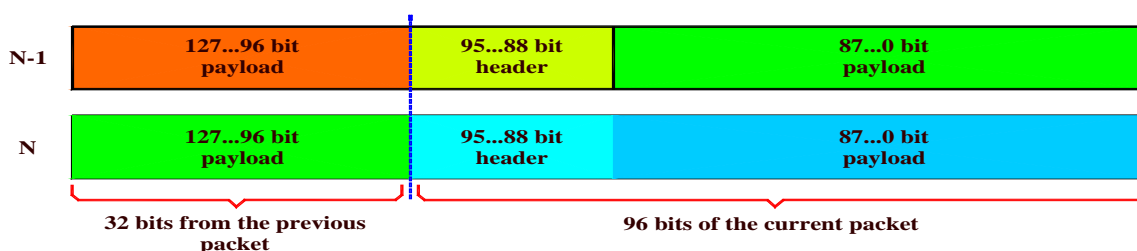


Рисунок 14. Структура кадра Rx RAM.

Каждый пакет имеет фиксированный размер 96 бит, из которых 8 бит это заголовок фрейма и 88 бит это информационные данные. Все пакеты сохраняются в буферной памяти Rx RAM размером 256 фреймов, которая доступна для чтения через ipBUS интерфейс. Структура кадра буферной памяти показана на рис. 14. Каждый кадр содержит не только текущий фрейм, но часть предыдущего для контроля целостности передачи. Таким образом, можно отслеживать пропавшие пакеты при получении их один за другим.

Каждый модуль TOFHIR Rx module также содержит частотомер полученных посылок, и счётчик меток времени - момента прихода посылки.

3. Система медленного контроля

Система медленного контроля строится на взаимодействии со специальным ASIC чипом SCA (Slow Control Adapter). Каждая СС плата оснащена таким чипом. Чип предназначен для сбора статусной информации со всей FE электроники детектора.

Связь с SCA ASIC организована по топологии «точка-точка», с полосой пропускания 80 Мбит/с. Для этого в протоколе IpGBT интерфейса зарезервированы 2 бита - EC (external control). Структура кадра отправляемого по интерфейсу IpGBT показана на рисунке 15.

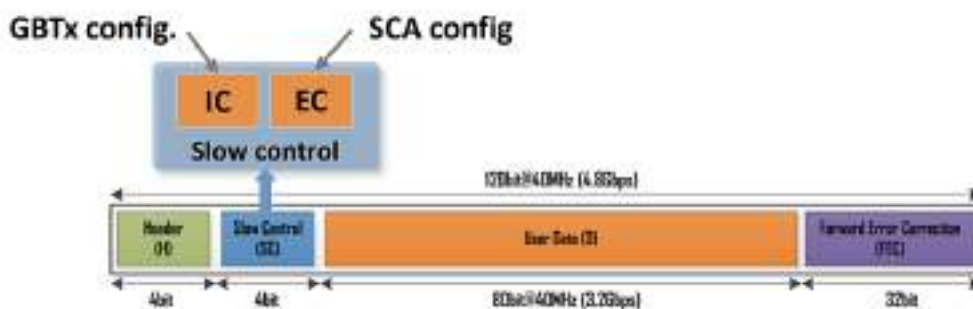


Рисунок 15. Структура кадра IpGBT интерфейса.

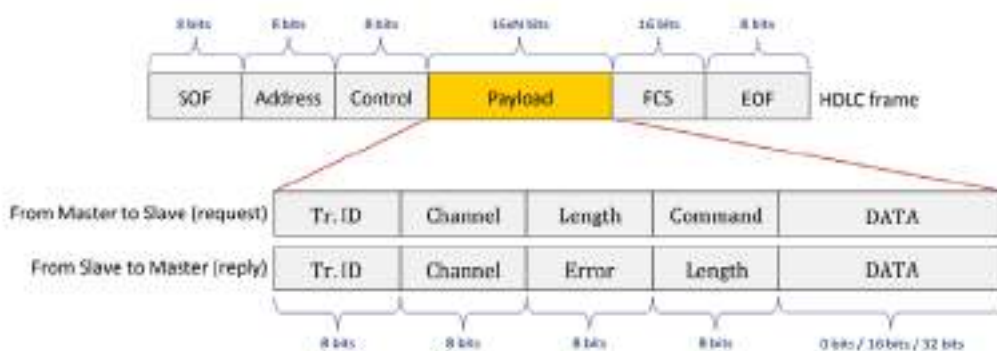


Рисунок 16. Транспортный протокол (сверху) и командный протокол (снизу).

Протокол для обмена данными с SCA чипом состоит из:

- транспортного протокола (основан на стандарте HDLC)
- командного протокол

Архитектура протокола показана на рис.16.

Транспортный протокол реализован на основе пакетно-ориентированного HDLC протокола передачи. Он состоит из:

SOF – заголовок начала кадра
 ADDRESS – адрес назначения пакета
 CONTROL – контрольное поле
 PAYLOAD – поле данных
 FCS – поле контрольной суммы
 EOF – заголовок конца кадра.

Реализация протоколов для связи с SCA чипом в проекте для ПЛИС платы KCU105 показана на рис.17 и 18.

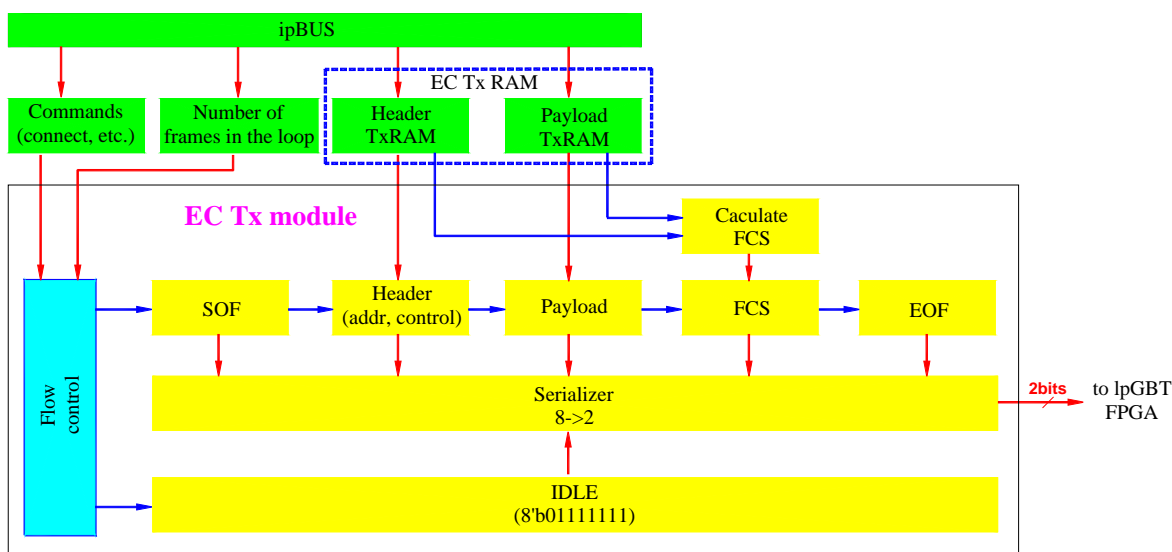


Рисунок 17. Модуль передачи данных EC Tx.

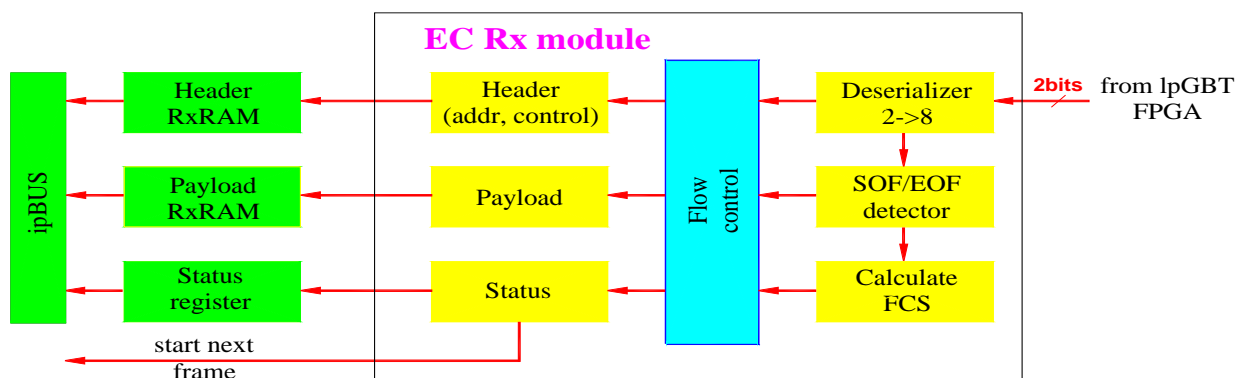


Рисунок 18. Приёмный модуль EC Rx.

4. Измерение температуры

Для проверки работы связи с SCA чипом была написана программа чтения данных с внутреннего датчика температуры (входит в структуру кристалла) и проведены измерения.

Результаты.

В этом году было принято участие в создании тестового стенда для проверки FE электроники системы VTL детектора CMS. Были изучены необходимые интерфейсы и протоколы передачи данных, написан проект для ПЛИС отладочной платы, написаны управляющие программы на языке Python для коммуникации с FE электроникой. Так же была подготовлена документация на стенд для использования другими группами.

Радиационные тесты на источнике нейтронов для Phase II.

Группа ИЯФ СО РАН ведет работы по использованию источника нейтронов для проведения радиационных тестов, необходимых для проверки работы детектора CMS при работе в «Phase II». Для этой цели модернизируется источник нейтронов БНЗТ, работающий в Институте ядерной физики.

В установке БНЗТ для генерации нейтронов используется протонный пучок и литиевая мишень. Установка предназначена для генерации медленных нейтронов (до 100 keV), необходимых для бор-нейтронной захватной терапии.

Для радиационных тестов протонный пучок заменен на пучок дейтронов, что позволяет генерировать нейтроны до 15 MeV. Спектр нейтронов показан на рис. 19. Первая генерация нейтронов с пучком дейтронов была получена 30 октября 2019 года. При токе дейтронов ~ 1 mA и энергии ~ 1 MeV поток нейтронов около мишени составляет $\sim 5 \cdot 10^8$ n_{eq}/cm²/s. Дальнейшее увеличение потока нейтронов возможно при увеличении тока и энергии пучка дейтронов. В течение 2020 года было проведено два сеанса (11 и 26 июня) для изучения работы установки с пучком дейтронов и изучения активации различных материалов.

Для улучшения однородности потока нейтронов для облучения больших образцов будет использован

объем из свинца C0 с толщиной стенок 10см. В настоящее время заканчивается изготовление этого объема и вакуумной трубы для пучка дейтронов в подвал (рис. 20). Новая литиевая мишень (рис. 21) изготавливается в настоящее время и будет находиться при входе пучка дейтронов в объем.

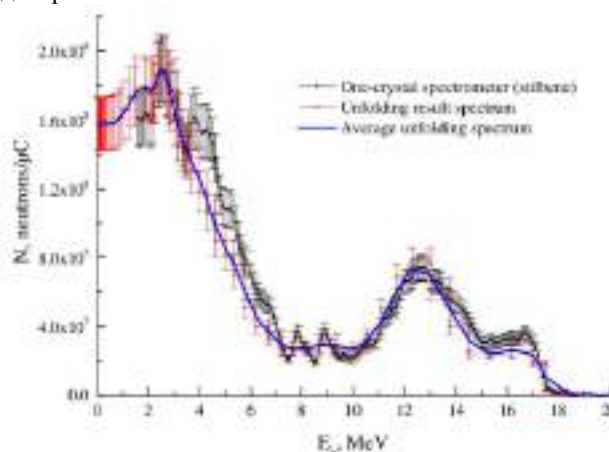


Рисунок 19. Наблюдаемый спектр нейтронов в реакции $d+Li \rightarrow n+X$ в направлении пучка дейтронов и при энергии пучка 2,9 MeV (K.V. Mitrofanov et al, EPJ Web of Conferences 146, 11041 (2017)). Средняя энергия нейтронов составляет 5,68 MeV.



Рисунок 20. Вакуумный канал для нейтронов и объем из свинца для радиационных тестов.

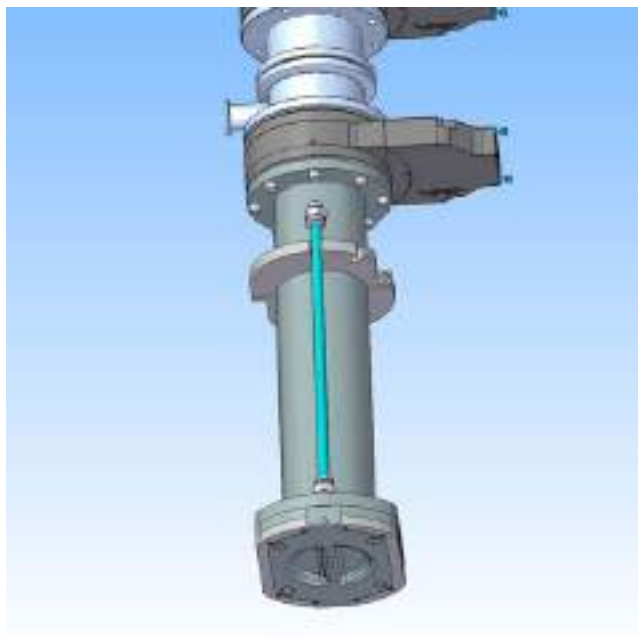


Рисунок 21. Новая литейная мишень.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ BELLE И BELLE II

Основные результаты.

Основным направлением группы ученых Института является сотрудничество в области физики элементарных частиц с Лабораторией Ускорителей высоких энергий (КЕК), Цукуба, Япония, являющейся одной из крупнейших и быстро развивающихся лабораторий мира в области физики высоких энергий. В последние годы руководство КЕК активно расширяет международное сотрудничество с целью сделать КЕК международным центром в этой области физики. Одним из основных экспериментов в физике элементарных частиц в Японии в настоящее время является изучение CP-нарушения в распадах В-мезонов с детектором Belle II на электрон-позитронном накопителе с очень высокой светимостью (т.н. В-фабрике).

Активное участие в проекте Belle с самого его начала принимает группа сотрудников Института. Новосибирские физики внесли большой вклад в создание электромагнитного калориметра детектора Belle как на этапе проектирования, так и при изготовлении элементов этого самого большого в мире калориметра на основе монокристаллов йодистого цезия, его сборке и наладке.

В 2010 году детектор Belle был остановлен для модернизации. Набранная к настоящему моменту интегральная светимость превышает 1040 обратных фемтобарн. Сейчас продолжается обработка этих экспериментальных данных. Запуск модернизированного детектора Belle II на электрон-позитронном суперколлайдере SuperKEKB состоялся в марте 2019 года. Эксперимент Belle II, созданный международной коллаборацией, включающей более 900 ученых из 26 стран и 112 научных институтов, осуществит набор данных, превосходящий объем данных своего предшественника, эксперимента Belle, более чем в 50 раз. Основная задача групп-участников эксперимента во время набора данных – обеспечение стабильной и корректной работы всех подсистем детектора Belle II.

Российские физики из Института принимают активное участие как в поддержании работы детектора, так и в обработке набранных экспериментальных данных.

Изучение распадов $Y(5S) \rightarrow Y(1,2S)\eta$.

Измерение ширины переходов между боттомониями с излучением η или η' -мезонов позволит лучше понять структуру возбужденных состояний боттомония и проверить предсказания феноменологических моделей. Так, модель мультипольного разложения КХД предсказывает заметное подавление этих переходов по сравнению с переходами с излучением $\pi^+\pi^-$ системы, однако в некоторых случаях измеренные ширины переходов не согласуются с этой гипотезой:

- $\Gamma(Y(2S) \rightarrow Y(1S)\eta)$ в два раза меньше ожидаемой;
- $\Gamma(Y(4S) \rightarrow Y(1S)\eta)$ на два порядка выше предсказаний.

Разрешить указанные несоответствия может помочь дополнительная экспериментальная информация. Основную сложность при экспериментальном изучении этих процессов представляет подавление фоновых событий, вероятность которых на несколько порядков превосходит ожидаемые вероятности изучаемых процессов.

Группой сотрудников ведется изучение подобных переходов с использованием уникальной статистики, набранной с детектором Belle при энергии в системе центра масс вблизи $Y(5S)$ -резонанса, а также в результате сканирования в диапазоне энергий в системе центра масс от 10,67 до 11,02 ГэВ. В результате анализа экспериментальных данных и моделирования методами Монте-Карло были идентифицированы основные источники фона и разработаны оптимальные критерии отбора, которые позволили существенно подавить фоновые процессы и с высокой эффективностью выделить сигнальные события. Предварительные результаты анализа показаны на Рис. 1. Впервые наблюдаются процессы $e^+e^- \rightarrow Y(1,2S)\eta$ с высокой статистической значимостью и получены предварительные результаты по измерению их сечений. Также был проведен поиск процесса $e^+e^- \rightarrow Y(1S)\eta'$ и установлен верхний предел на величину его сечения при энергии в системе центра масс 10,866 ГэВ. В настоящее время завершается подготовка публикации в журнале Physical Review D.

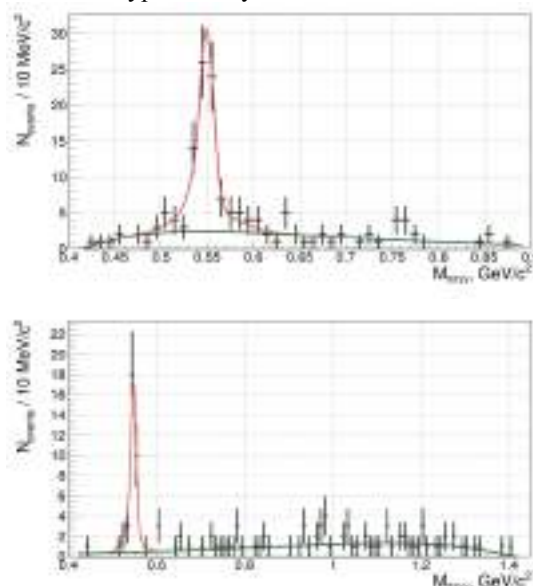


Рисунок 1. Распределение по инвариантной массе системы $\pi^+\pi^0$ для событий $Y(2S)\eta$ (сверху) и $Y(1S)\eta$ (снизу). Сигнал $\eta \rightarrow \pi^+\pi^0$ хорошо виден в обоих случаях. Точками показаны распределения экспериментальных данных со статистическими неопределенностями, линиями – результаты аппроксимации (вклад сигнала и распределение фоновых событий).

Измерение параметров Мишеля в распадах τ -лептона.

В Стандартной модели переносчиками заряженного слабого взаимодействия являются векторные калибровочные бозоны W^\pm , которые взаимодействуют с фундаментальными фермионами с левой киральностью (иначе говоря, заряженный слабый ток обладает т.н. V-A структурой относительно преобразований Лоренца). Лептонные распады τ -лептона $\tau \rightarrow l \text{ anti-}\nu_l \nu_\tau$ ($l = e, \mu$) позволяют провести прецизионную экспериментальную проверку структуры заряженного слабого тока. Дифференциальная ширина лептонного распада τ зависит от четырёх параметров (ρ, η, ξ и δ), называемых параметрами Мишеля, которые описывают структуру заряженного слабого взаимодействия (в Стандартной модели $\rho = 0,75, \eta = 0, \xi = 1, \delta = 0,75$). В анализе данных, набранных детектором Belle в области $Y(4S)$, используются события реакции $e^+e^- \rightarrow \tau\tau^+$, в которых сигнальный τ -лептон распадается в лептонную моду, а второй τ -лептон распадается в хорошо изученную адронную моду с двумя пионами ($\tau^\pm \rightarrow l^\pm \nu_l; \tau^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^0 \nu$ или, кратко, $l^\pm \nu_l; \rho^\pm \nu$). Параметры Мишеля определяются из аппроксимации дифференциального сечения рождения ($l^\pm \nu_l; \rho^\pm \nu$) в полном девятимерном фазовом пространстве реакции.

В 2020 году проводились работы по определению экспериментальной поправки к эффективности реконструкции трека с использованием четырёхтрековых событий ($\tau^- \rightarrow l^- \nu_l \nu_\tau; \tau^+ \rightarrow \pi^+ (\pi^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma) \nu_\tau$), $l = e, \mu$. Были выработаны условия отбора и обработана часть экспериментальной статистики. Отбирались события, где один электрон или позитрон от распада π^0 регистрировался только по его сигналу в электромагнитном калориметре. Далее эффективность реконструкции трека для этого целевого e^\pm определялась как $\varepsilon = n/n'$, где n — число отобранных сигнальных событий, n' — число событий, где был также найден трек от целевого e^\pm в дрейфовой камере детектора. Фон от ложных кластеров вычитался с помощью событий, находящихся вне сигнальной области по инвариантной массе продуктов распада π^0 . Проводится тестирование процедуры.

Изучение распадов τ -лептона в $h^+h^+h^-\nu$.

Измеренные значения вероятностей распадов $\tau \rightarrow h^+h^+h^-\nu$ на детекторах Belle и BaBar значительно различаются. Используемые условия отбора обеспечивают подавление в 5,4 раза для моды $\tau \rightarrow K^+K^+K^-\nu$ (максимум среди всех распадов τ -лептона), в 2.2 и 1.9 раза — для мод распада $\tau \rightarrow K^+\pi^+\pi^-\nu$ и $\tau \rightarrow K^+K^+\pi^-\nu$, соответственно. Поэтому было решено провести независимую ревизию полученных результатов и измерить заново вероятности распадов на всем доступном объеме данных.

Основным источником систематической ошибки является идентификация заряженных адронов. Соотношение вероятностей распадов $ppp:K\pi\pi:KK\pi:KKK$

(60:2:1:0,001). Если заряженные пионы идентифицируются как каоны, то события процессов с более высокими вероятностями могут быть распознаны как процессы с более низкой вероятностью. В новой работе идентификация пионов была изучена более подробно. Был обнаружен и учтен эффект корреляции между кластерами в калориметре и идентификацией частиц. Также независимым способом были получены поправки к идентификации заряженных π , которые применяются в данной работе.

Используя события распадов в $K^+\pi^-\pi^-$ и $K^-K^+\pi^+$, которые идут во втором порядке по слабому взаимодействию, а значит значительно подавлены, были разработаны тесты на качество идентификации адронов. Эти проверки показали, что новые поправки значительно лучше описывают экспериментальную ситуацию и снижают систематическую ошибку. Причем поправочные коэффициенты, используемые в предыдущей работе, давали большой систематический сдвиг в вероятностях распадов.

Кроме того, применив кинематическое подавление, мы существенно уменьшили влияние ошибок при идентификации адронов на итоговую систематическую ошибку. Этот метод не был использован в предыдущих работах. Как было установлено, он существенно уменьшает итоговую ошибку. К сожалению, данный подход не позволил улучшить ситуацию для части данных (около 15%). Улучшение качества поправок к идентификации для этих данных незначительное, и систематическая ошибка остается большой. Было решено не включать в обработку такие данные.

В 2020 году были определены систематические ошибки, связанные с эффективностью триггера и нейтральным вето. Кроме того, для проверки систематической ошибки была измерена вероятность распада $\tau^- \rightarrow \pi^-\pi^+\pi^-\nu$ независимым образом без использования идентификации адронов. Полученный результат согласуется в пределах ошибок с предыдущими измерениями. Систематическая ошибка, связанная с идентификацией адронов, была всесторонне исследована. Есть все основания полагать, что новый результат в значительной мере избавлен от недочетов предыдущего измерения. Полученные предварительные систематические ошибки оказались меньше, чем в работе ВаВар для мод распадов с тремя и двумя каонами. Однако систематическая ошибка для моды с одним каоном получилась гораздо больше. Новый результат в значительной мере устраняет конфликт между предыдущими измерениями. При этом остается существенная разница для моды распада в три каона, которая, впрочем, стала гораздо меньше, чем раньше (см. Рис. 2). Полученные результаты были представлены на внутреннем совещании коллаборации Belle. В ближайшее время начнется процесс реферирования этой работы внутри коллаборации.

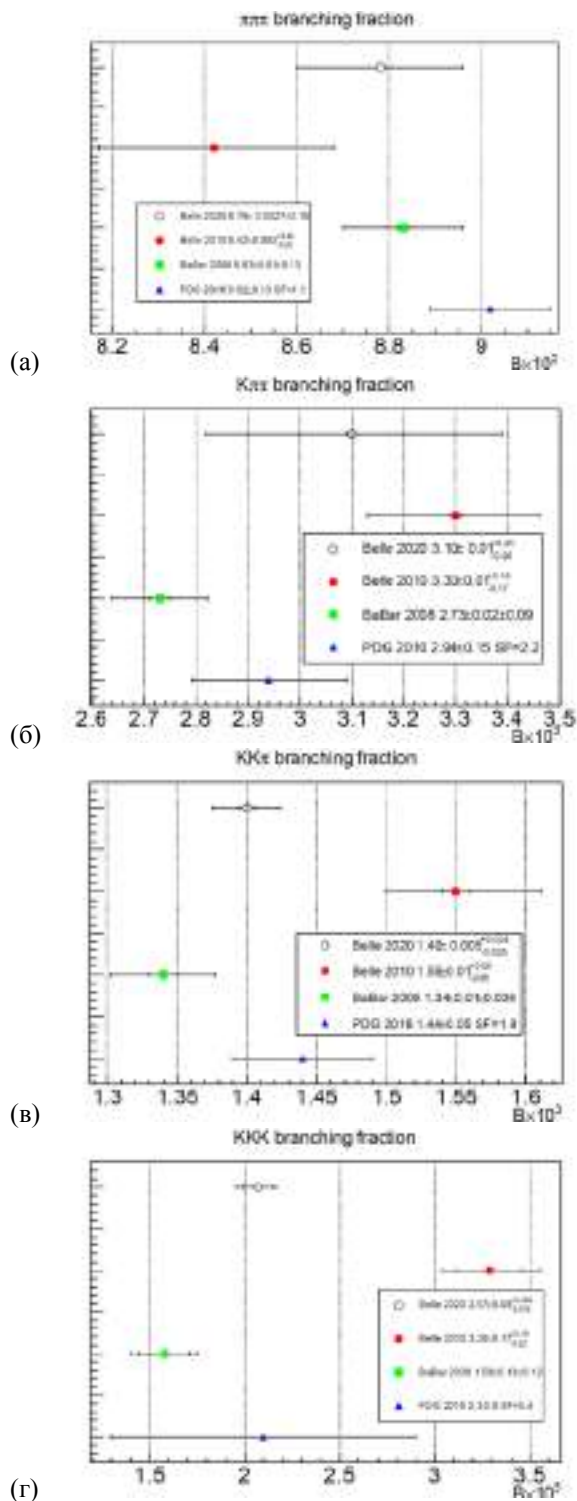


Рисунок 2. Вероятности распадов в конечные состояния $\pi^+\pi^+\pi^-$ (а), $K^+\pi^+\pi^-$ (б), $K^+K^-\pi^-$ (в) и $K^+K^-K^-$ (г). Треугольники соответствуют средним значениям, полученным в 2016 году, квадраты — измерениям BaBar, кружки — предыдущим измерениям Belle, окружности — данной работе.

Поддержание работы калориметра детектора Belle II.

В настоящее время продолжается работа модернизированного детектора Belle II на коллайдере SuperKEKB. По сравнению с предыдущим коллайдером KEKB светимость установки будет увеличена более чем на порядок — до $8 \times 10^{35} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$. Новый эксперимент позволит измерить все углы треугольника унитарности с точностью несколько процентов и, возможно, позволит найти проявления Новой физики. Кроме изучения механизма CP-нарушения, большой набор данных, полученный в этом эксперименте, позволит получить новые результаты по физике распадов B^- , D^- -мезонов и τ -лептона.

В калориметре была произведена замена электроники на новую, которая обеспечивает непрерывную оцифровку сигналов со счетчиков и последующую подгонку данных откликом известной формы. Такая процедура позволяет определять как энергию, так и время прихода сигнала. Использование временной информации позволяет в несколько раз подавить частоту возникновения ложных кластеров.

Схема калориметра показана на Рис. 3. Сигнал с предусилителя поступает на модуль формирователей-оцифровщиков, где сигнал формируется и непрерывно оцифровывается. При приходе триггерного сигнала происходит фитирование оцифрованных данных сигналом известной формы с определением амплитуды и времени сигнала. Последняя информация считывается модулем коллектора и передается в систему сбора данных детектора. Модуль формирователей-оцифровщиков принимает сигналы с 16 счетчиков. Кроме того, формирователь-оцифровщик вырабатывает быстрый сигнал суммы 16 каналов с коротким временем формирования, который используется как входной сигнал нейтрального триггера. Калориметрическая электроника включает 52 9U VME крейта, в каждом из которых расположено 8-12 модулей формирователей-оцифровщиков, модуль коллектора и триггерный модуль (FAM).

В течение 2020 года проводилась серия заходов с детектором Belle II на коллайдере SuperKEKB. Была получена самая высокая в мире светимость $2,4 \times 10^{34} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$. На основании данных, записанных в марте-июне, была проведена энергетическая калибровка калориметра по событиям $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$. Точность калибровки составляет около 1%. На Рис. 4 показаны результаты калибровки по этому процессу.

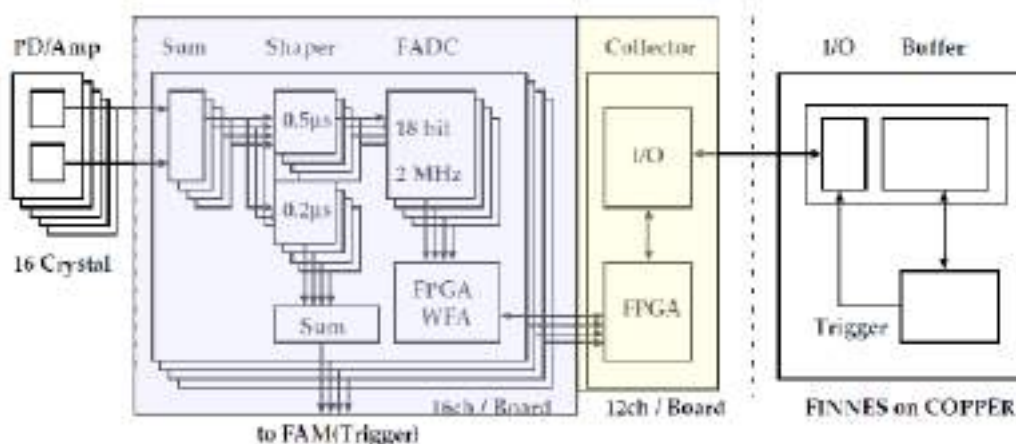


Рисунок 3. Схема электроники калориметра Belle II.

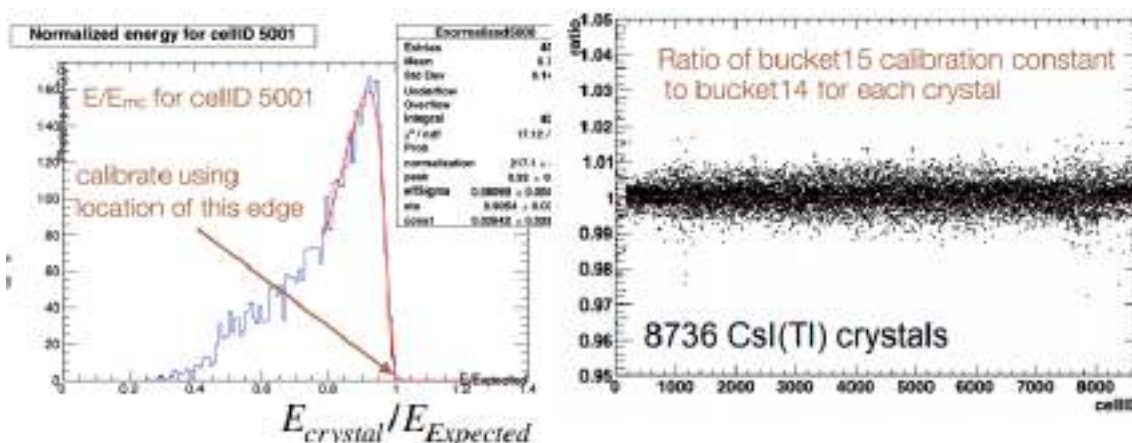


Рисунок 4. Слева: распределение отношения энергосвечения к энергии гамма-кванта для событий $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$. Справа: распределение отношения калибровочных коэффициентов, полученных по данным последнего и предыдущего заходов.

По событиям $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-\gamma$, схематически изображенным на Рис. 5 (сверху), проводилась оценка эффективности и энергетического разрешения калориметра. По направлению и импульсам мюонов можно восстановить энергию и направление фотона. На Рис. 5 (снизу) показано отношение измеренной энергии фотонов к величине, реконструированной из информации от мюонов. На Рис. 6 показано полученное энергетическое разрешение калориметра. Эта процедура дает оценку разрешения для энергий больше 2 ГэВ, а для меньших энергий разрешение определяется точностью восстановления энергии.

Весной и летом 2020 года проводилась разработка и модернизация системы сбора данных калориметра для обеспечения стабильной работы в течение набора данных и быстрой перезагрузки калориметра в момент начала захода. Были усовершенствованы проекты ПЛИС для коллекторов и усилителей-формирователей. Новые проекты позволяют получать лучшее временное разрешение для малых амплитуд. Калориметр показывал стабильную работу вплоть до загрузок первичного триггера 35 кГц. Кроме того, была улучшена система

медленного контроля калориметра. Интерфейс программ был модернизирован для более удобного использования дежурными по системе.

С октября по середину декабря 2020 года проводился очередной набор экспериментальных данных. В течение этого эксперимента интенсивно настраивалась оптика коллайдера для увеличения светимости с сохранением умеренной фоновой загрузки. В результате работы была достигнута светимость более $10^{34} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$. Система калориметра работает стабильно. На Рис. 7 показано сравнение шумов наложения в предыдущем и текущем сезонах.

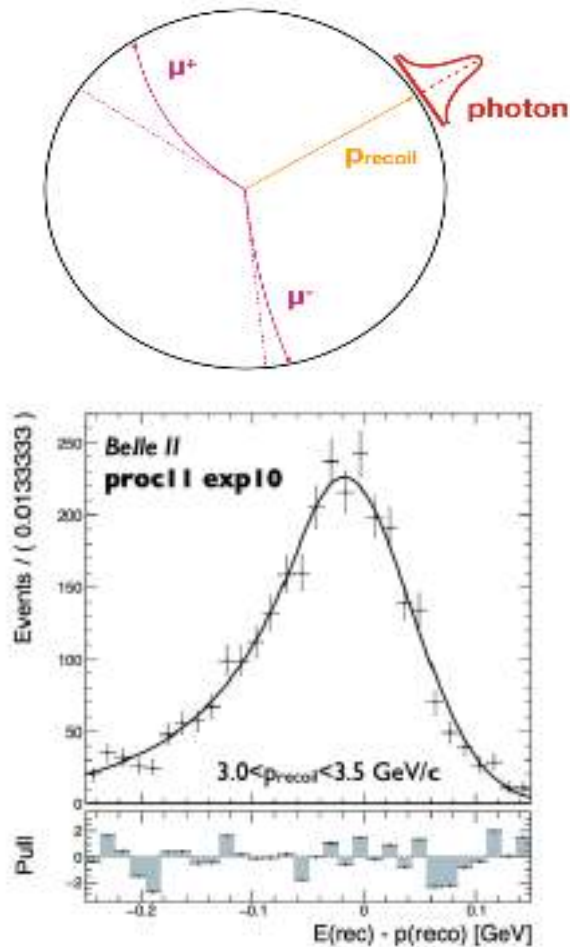


Рисунок 5. Сверху: кинематика распада $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-\gamma$. Снизу: разница измеренной и реконструированной энергии фотона, нормированная на реконструированную энергию.

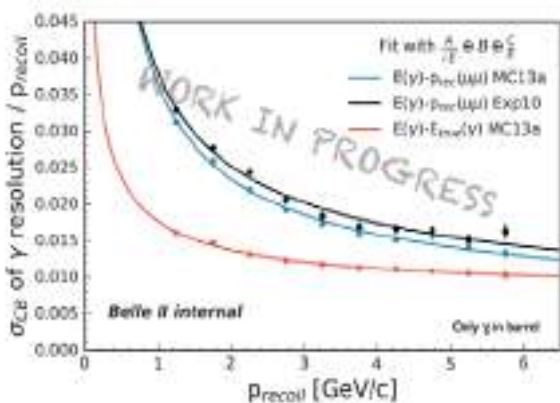


Рисунок 6. Энергетическое разрешение калориметра

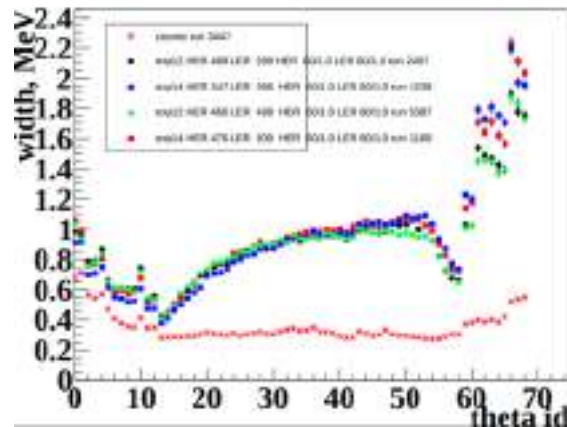


Рисунок 7. Уровень шумов в весеннем и осеннем сезонах 2020 года.

Модуль измерения светимости в реальном времени.

Помимо измерения энерговыделения, производимого частицами, проходящими через вещество калориметра, важной задачей торцевой части электромагнитного калориметра детектора Belle II является оперативное измерение светимости SuperKEKB по событиям упругого $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ рассеяния. Поскольку светимость должна измеряться непрерывно, вне зависимости от работы системы сбора данных детектора, для ее измерения в ИЯФ СО РАН был разработан отдельный электронный модуль. К началу 2018 года разработка и тестирование модуля были завершены, а сам модуль измерения светимости установлен на детектор Belle II и успешно интегрирован в общую систему сбора данных детектора. Кроме того, была обеспечена передача данных измерения светимости в систему контроля ускорительного комплекса SuperKEKB в режиме онлайн для оперативной настройки и контроля влияния параметров ускорителя на пиковую светимость.

В 2018 – 2020 годах модуль измерения светимости бесперебойно работал в течение всего времени набора данных и продемонстрировал высокую стабильность – изменение калибровочных коэффициентов от времени не превышает 0,5%. По результатам работы эксперимента Belle II в сезоне 2020 года был набран интеграл светимости свыше 80 fb^{-1} , что более чем на порядок превышает интегральную светимость сезона 2019 года. При этом достигнутая пиковая светимость $2,39 \times 10^{34} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$ является рекордно высокой для e^+e^- коллайдеров. На Рис. 8 показан пример работы модуля измерения светимости за 24 часа, а также сравнение результатов измерения светимости в режиме онлайн с результатом более детального оффлайн анализа данных.

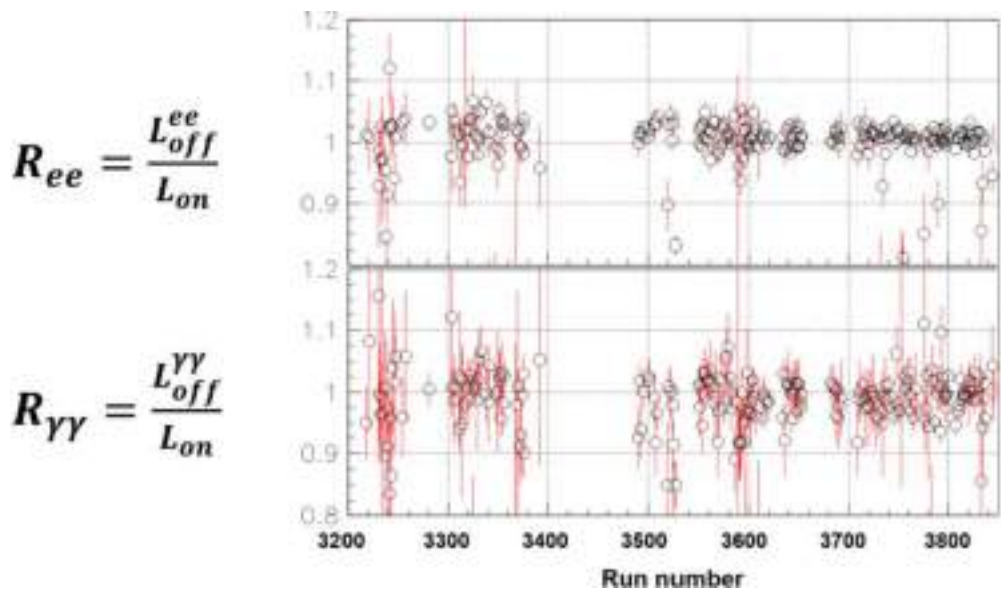
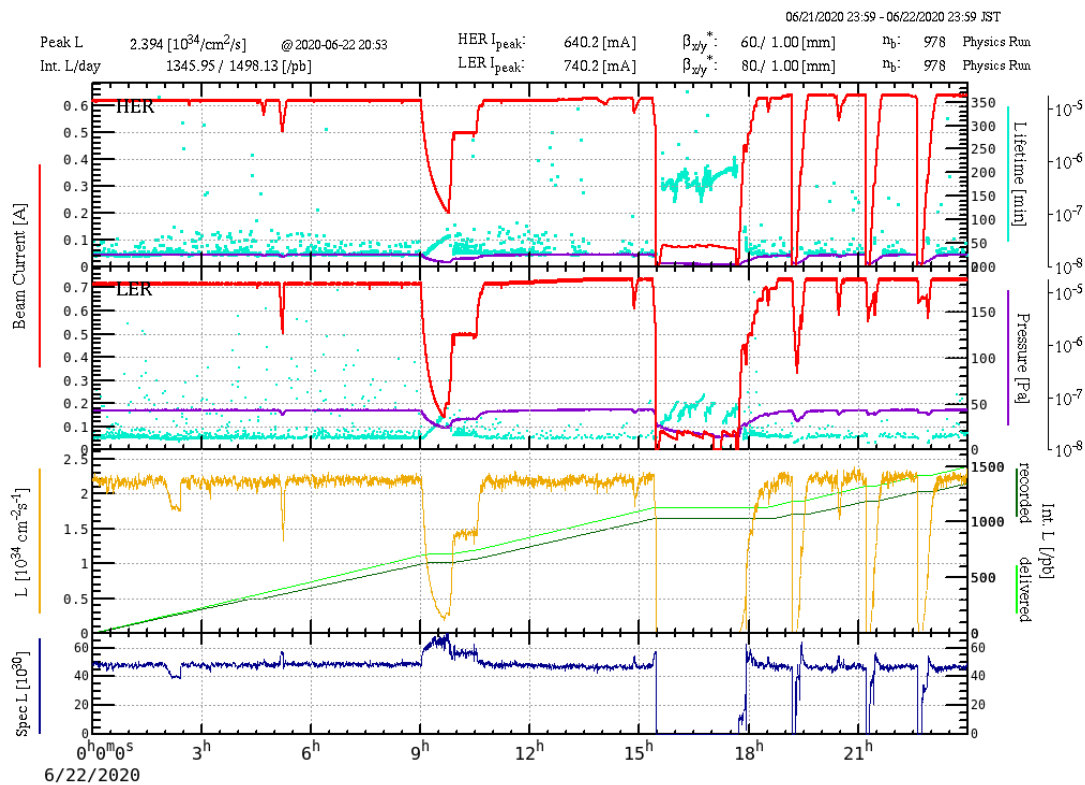


Рисунок 8. Сверху: результаты измерения светимости в онлайн режиме за 24 часа работы SuperKEKB. Снизу: сравнение результатов измерений светимости онлайн модулем и при оффлайн анализе данных.

КРИОГЕННЫЕ И ГАЗОВЫЕ ЛАВИННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ

Работа по теме криогенных лавинных детекторов и газовых лавинных детекторов проводилась группой сотрудников лаб. 3-3 в нескольких направлениях:

1) Развитие двухфазных криогенных лавинных детекторов (КЛД) для низкофоновых экспериментов по поиску темной материи и регистрации когерентного рассеяния нейтрино на ядрах.

2) Разработка новой методики идентификации ионов - с помощью измерения пробегов и ионизационных потерь ионов во время-проекционной камере (ВПК) низкого давления.

3) Участие в международных коллаборациях DarkSide по поиску темной материи и RD51 по развитию микроструктурных газовых детекторов.

Основной научный задел по этим направлениям сконцентрирован в совместной Лаборатории космологии и физики элементарных частиц (ЛКФЭЧ) Физического факультета НГУ и ИЯФ, созданной в 2011-2015 годах в рамках мегагранта НГУ (№11.G34.31.0047). Оборудование лаборатории территориально находится в ИЯФ в помещениях ЛКФЭЧ, арендуемых НГУ. В рамках мегагранта НГУ и гранта ИЯФ-РНФ (N 14-50-00080) в предшествующие годы были произведены значительные закупки оборудования, в результате чего были полностью укомплектованы криогенно-вакуумные системы разрабатываемого детектора темной материи и частично – системы зарядового и оптического считывания сигналов и считывающей электроники. Кроме того, была оборудована чистая зона для сборки детекторов.

В основе метода работы КЛД лежит усиление предельно слабых сигналов от ядер отдачи (образованных в криогенной жидкости от рассеяния частиц темной материи) в газовой фазе с помощью электролюминесцентного (ЭЛ) зазора и считывания оптического сигнала с помощью SiPM-матриц – либо напрямую, либо в составе комбинированного умножителя ГЭУ/SiPM-матрица (газовых электронных умножителей (ГЭУ) и кремниевых фотоумножителей (SiPM)).

В 2020 году в полном соответствии с планом работ были продолжены исследования по физике таких детекторов и по их разработке. В частности, впервые были разработаны и продемонстрированы два новых альтернативных метода оптического считывания сигналов в двухфазных детекторах темной материи в аргоне, в видимом и ближнем ИК-диапазоне, с использованием матриц кремниевых фотоумножителей (SiPM-матриц) и новыми типами электролюминесценции: либо за счет тормозного излучения электронов на нейтральных атомах, либо за счет лавинных сцинтилляций: см. Рис. 1. С помощью этих методов получено рекордное координатное разрешение для двухфазных детекторов: см. Рис. 2. Оба метода позволяют работать без сместителей спектра, что особенно важно для крупномасштабных детекторов темной материи. Следует

отметить, что это первое практическое применение эффекта тормозного излучения на нейтралах в детекторах частиц.

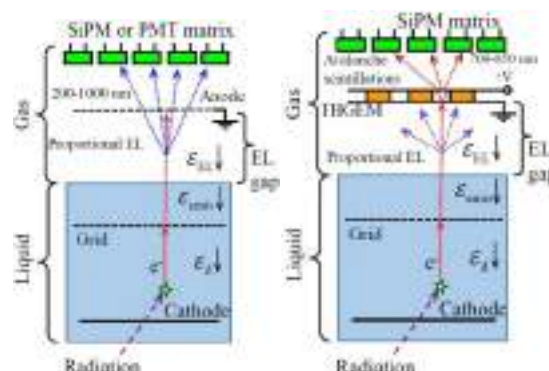


Рисунок 1. Два альтернативных метода считывания двухфазных детекторов в аргоне с использованием SiPM-матрицы, в видимом и ИК диапазоне, на основе тормозного излучения электронов на нейтральных атомах (слева) и лавинных сцинтилляций (в центре).

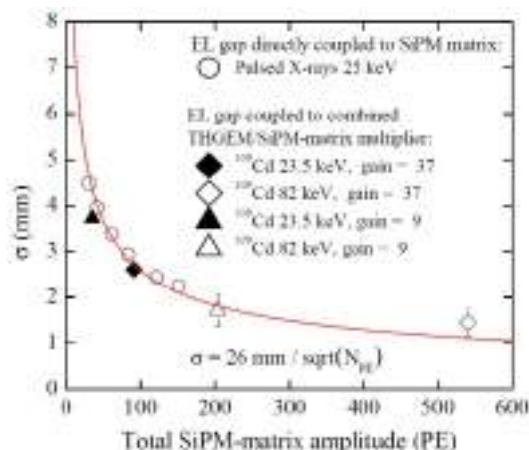


Рисунок 2. Координатное разрешение двухфазного детектора в зависимости от амплитуды сигнала SiPM-матрицы, полученное с помощью методов, представленных на Рис. 1.

Кроме того, были продолжены исследования по двум актуальным направлениям: первое - детальное изучение формы ЭЛ сигнала; второе - измерение выходов первичных сцинтилляций в жидком аргоне с добавкой метана.

Понимание формы импульса ЭЛ сигнала (S2 сигнала) необходимо для правильного анализа и интерпретации данных в двухфазных детекторах темной материи. Это особенно важно при поиске частиц темной материи малой массы с использованием «S2 only» анализа, где сигнал S1 слишком слаб и поэтому учитывается только сигнал S2. В данном направлении исследований формы ЭЛ сигналов в двухфазном аргонном детекторе были впервые систематически изучены в широком диапазоне приведенного электрического поля.

Формы сигналов исследовались в различных конфигурациях считывания и спектральных диапазонах: с использованием криогенных ФЭУ и SiPM, со сместителем спектра и без него, в ВУФ и видимом диапазоне. Были обнаружены необычные медленные компоненты в ЭЛ сигнале. Их необычность заключалась в том, что постоянная времени и вклад компонент увеличивался с ростом электрического поля. Работы в этом направлении продолжаются.

Измерение выходов первичных сцинтилляций в жидком аргоне с добавкой метана актуально для разработки нейтронного вето-детектора, являющегося неотъемлемой частью любого подземного эксперимента по поиску темной материи. До сих пор в качестве жидкого сцинтиллятора использовались легко воспламеняющаяся смесь жидких углеводородов. Безопасной альтернативой мог бы быть жидкий сцинтиллятор на основе жидкого аргона с добавкой метана. Однако хорошо известно, что даже небольшое количество примеси CH_4 гасит первичные сцинтилляции в жидком Ar в вакуумном ультрафиолетовом (ВУФ) диапазоне, т.е. по «стандартному» механизму первичных сцинтилляций. С другой стороны, некоторые авторы наблюдали необычные первичные сцинтилляции в жидком Ar в видимом диапазоне. Мы предположили, что такие первичные сцинтилляции жидкого Ar в не-ВУФ-области могут объясняться тормозным излучением электронов первичной ионизации на нейтральных атомах. Целью данного направления являлась проверка этой гипотезы для смеси жидкого аргона с метаном. Были проведено несколько криогенных заходов по измерению выходов первичных сцинтилляций в однофазном и двухфазном детекторе на основе жидкого аргона с добавкой метана в количестве от 0,1 до 10 %. Результаты обрабатываются.

В 2020 году были также продолжены работы по разработке новой методики идентификации ионов для ускорительной масс-спектрометрии (УМС) - с помощью измерения пробегов ионов во время-проекционной камере (ВПК) низкого давления на основе толстого ГЭУ: см. Рис. 3. На примере альфа-частиц было продемонстрировано, что с помощью измерения длительности сигнала в ВПК можно с очень хорошей точностью (2%) измерить пробег альфа-частиц. Моделирование в программе SRIM показало, что такого разрешения будет достаточно для эффективного разделения изобар ионов бора и бериллия. Эта методика будет иметь практическое применение в области ускорительной масс-спектрометрии (УМС) для датировки геологических образцов на масштабе миллиона лет, в частности в геохронологии кайнозоя. В 2020 году была изготовлена новая ВПК большего размера с целью изучить ее характеристики при рабочем давлении для АМС – 50 Тор и ниже. Начаты измерения с альфа частицами. Кроме того, начаты работы по установке входного окна (из нитрида кремния) на ВПК для пропускания ионов.

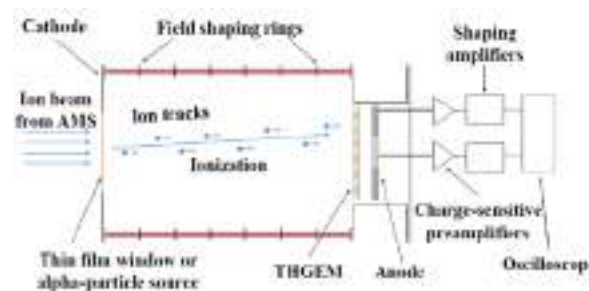


Рисунок 3. Принцип работы и схема ВПК низкого давления на основе толстого ГЭУ для идентификации ионов в УМС методом измерения пробега ионов.

С 2015 года группа является членом международной коллаборации DarkSide-20k (Гран-Сассо, Италия) по поиску темной материи, - единственному действующему эксперименту по поиску темной материи, где используется жидкий аргон.

Группа является членом международной коллаборации RD51 в CERN по развитию микроструктурных газовых детекторов, образованной в 2008 году.

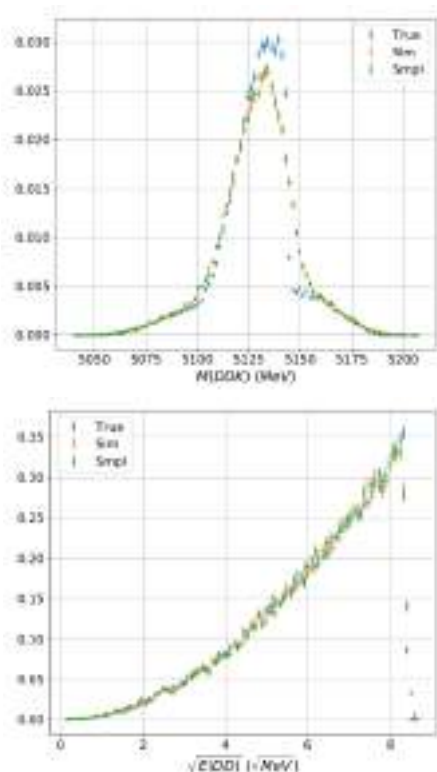
Работа С.Е. Aalseth et al. (DarkSide collaboration), SiPM-matrix readout of two-phase argon detectors using electroluminescence in the visible and near infrared range, Eprint arxiv: 2004.02024. To be published in *Europ. Phys. J. C.*, вошла в список лучших работ ИЯФ за 2020 год.

ОТЧЕТ О РАБОТЕ НОВОСИБИРСКОЙ ГРУППЫ ЛНСб

Изучение состояния $X(3872)$ в распадах $B^+ \rightarrow D^0 \text{ anti-}D^{*0} K^+$.

Продолжается анализ распада $B^+ \rightarrow D^0 \text{ anti-}D^{*0} K^+$ (без реконструкции ρ^0 или фотона из распада D^{*0}). Вблизи порога $D^0 \text{ anti-}D^0$ распад происходит в основном через резонанс $X(3872)$. Форма распределения кинематических параметров в этой области очень чувствительная к параметрам резонанса, обеспечивая мощный экспериментальный инструмент для изучения $X(3872)$. Анализ ведется совместно с коллегами из CERN, ИТЭФ и CNRS. Ниже описан вклад в анализ группы ИЯФ.

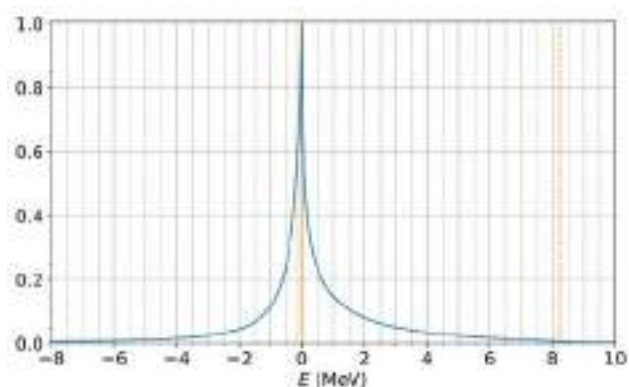
С помощью полного моделирования сигнальных событий была построена детальная модель экспериментального разрешения для основных переменных анализа – импульса D^0 в системе $D^0 \text{ anti-}D^0$ и инвариантной массы системы DDK. Модель учитывает корреляции и позволяет быстро имитировать прохождение через детектор, как показано на рисунках:



Возможность быстрого применения экспериментального разрешения к сигнальным событиям необходима ввиду особенностей процедуры анализа, использующей нейронные сети для описания многомерной плотности вероятности и требующей большого количества событий моделирования.

Была построена альтернативная модель перехода состояния $X(3872)$ в упругие и неупругие каналы. Модель использует формализм Т-матрицы и в явном виде

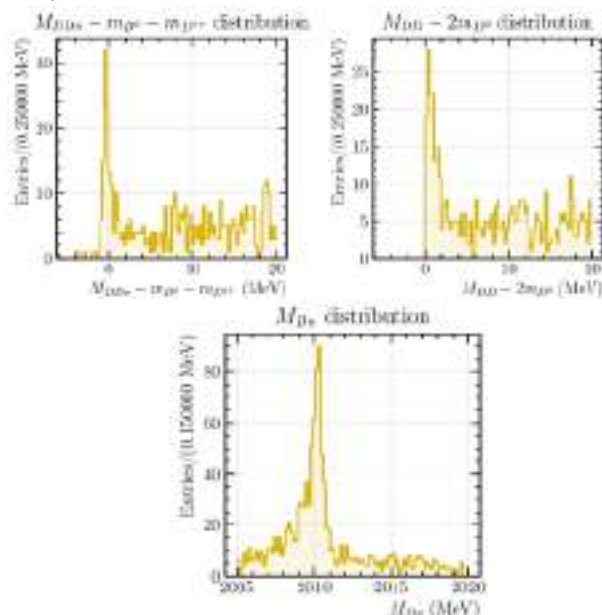
учитывает изосинглетную и изотриплетную длины рассеяния. Эта модель – более общая, чем та, которая используется в основной процедуре анализа, и в которой есть только одна длина рассеяния. Альтернативная модель позволяет воспроизвести основную модель, например, форму линии $X(3872)$ в неупругом канале:



Параметры новой модели, видимо, не могут быть однозначно ограничены определены в анализе распада $B^+ \rightarrow D^0 \text{ anti-}D^{*0} K^+$, однако она может быть использована в будущем совместном анализе нескольких каналов (например, $B^+ \rightarrow D^0 \text{ anti-}D^{*0} K^+$ и $B^+ \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^- K^+$).

Изучение компактного состояния T_{cc} в конечном состоянии $D^0 D^0 \pi^+$.

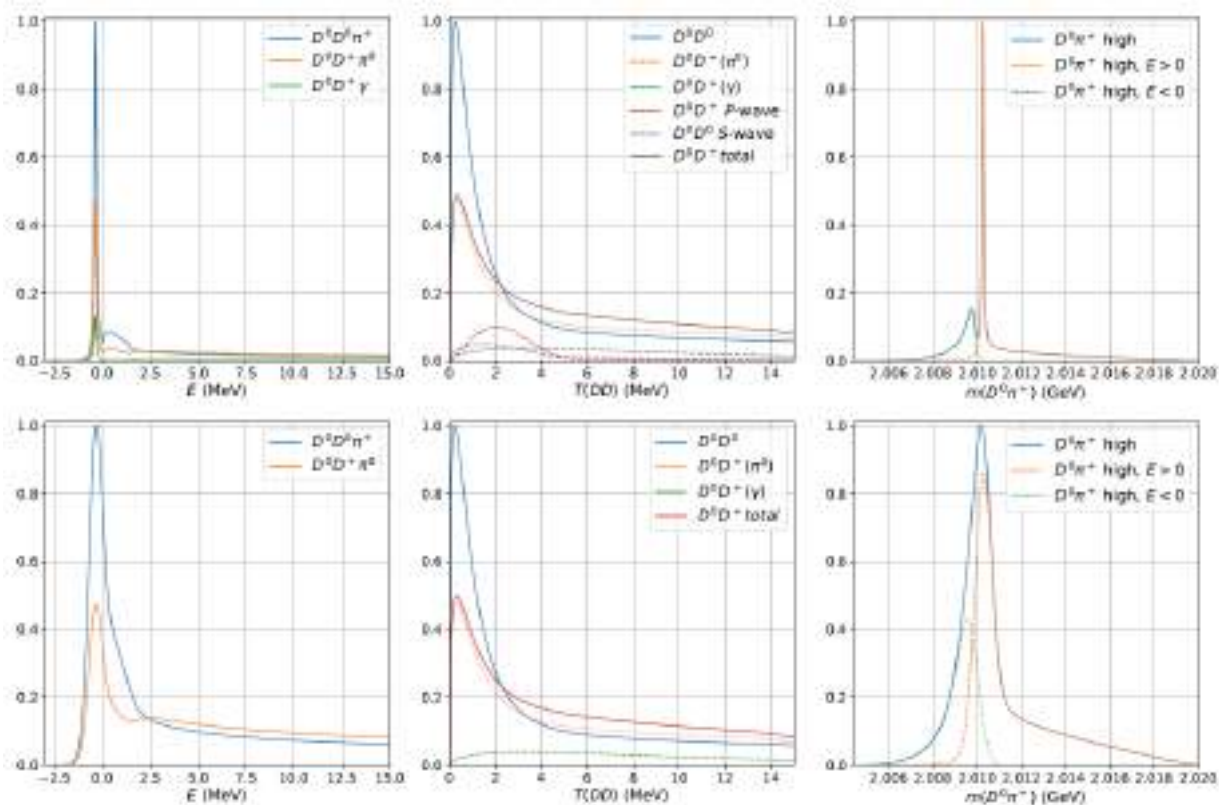
В спектре $D^0 D^{*+}$ вблизи порога наблюдается узкий пик:



Этот пик может быть ассоциирован с компактным дважды очарованным четырехкварковым состоянием, возможность существования которого обсуждалась в работе Phys. Rev. Lett. 119 (2017) 202001. Это состояние должно иметь нулевой изоспин и обладать квантовыми числами аксиального вектора. Группа ИЯФ работает над моделью связи этого состояния с конечными состояниями $D^0 D^0 \pi^+$, $D^0 D^+ \pi^0$ и $D^0 D^+ \gamma$. Целью

данной работы является предложение процедуры анализа данных, которая позволит определить положение полюса этого состояния и получение информации о его природе. На данный момент представляется, что это состояние может быть описано во многом аналогично состоянию $X(3872)$, и параметры этих состояний могут быть изучены в рамках единого формализма.

На данный момент предложена модель, позволяющая качественно воспроизвести данные. Модель основана на формализме Т-матрицы и явно учитывает изосинглетную и изотриплетную длины рассеяния. Также построена модель детекторного разрешения. Следующие графики показывают предсказания модели (верхний ряд) и результат свертки с моделью разрешения (нижний ряд):



Следующий шаг, над которым идет работа в настоящий момент, – это предварительное описание данных с помощью модели. Если это описание будет чувствительно к параметрам модели, анализ будет продолжен.

ЭКСПЕРИМЕНТ BABAR

В рамках коллаборации BABAR продолжался анализ данных, накопленных в эксперименте на электрон-позитронном коллайдере PEP-II (SLAC, США). Основные направления деятельности физиков ИЯФ в этой коллаборации – это исследование электрон-позитронной аннигиляции в адроны методом радиационного возврата и двухфотонная физика.

Ранее по первому направлению были измерены сечения всех процессов с двумя, тремя, четырьмя конечными частицами, а также большая часть пяти- и шести-частичных конечных состояний. Главной целью этих исследований является измерение всех возможных процессов, дающих вклад в полное адронное сечение ниже 2 ГэВ. В 2020 году проводилось изучение следующих процессов: $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ по полной статистике эксперимента, $e^+e^- \rightarrow 2(\pi^+\pi^-\pi^0)\pi^0\pi^0$, $e^+e^- \rightarrow 2(\pi^+\pi^-\pi^0)\pi^0\eta$, $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0\pi^0\pi^0$ и $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0\pi^0\eta$.

Анализ процессов $e^+e^- \rightarrow 2(\pi^+\pi^-\pi^0)\pi^0\pi^0$ и $e^+e^- \rightarrow 2(\pi^+\pi^-\pi^0)\pi^0\eta$ закончен. Статья направлена в журнал. На рис 1 и 2 приведены измеренные сечения. Оба измерения сделаны впервые. Видно, что процесс $e^+e^- \rightarrow 2(\pi^+\pi^-\pi^0)\pi^0\pi^0$ вблизи 2 ГэВ дает вклад в полное адронное сечение около 1 нб. Были детально

сечения подпроцессов $e^+e^- \rightarrow \omega\pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$, $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$ и $e^+e^- \rightarrow \eta 2(\pi^+\pi^-)$.

По второму направлению, двухфотонной физике, был начат анализ процесса двухфотонного рождения резонанса $f_1(1285)$ с регистрацией одного из рассеянных электронов. В этом процессе предполагается измерить формфакторы для перехода $\gamma^*\gamma \rightarrow f_1$ с поляризациями f_1 мезона 0 и 1.

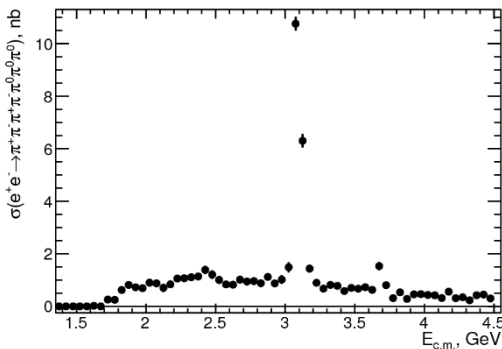


Рисунок 1. Измеренное в эксперименте BABAR сечение процесса $e^+e^- \rightarrow 2(\pi^+\pi^-\pi^0)\pi^0\pi^0$ проанализированы промежуточные состояния, даю-

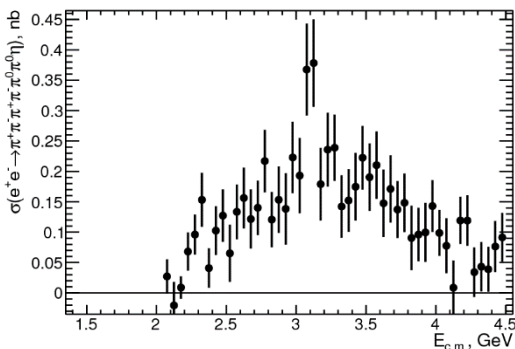


Рисунок 2. Измеренное в эксперименте BABAR сечение процесса $e^+e^- \rightarrow 2(\pi^+\pi^-\pi^0)\pi^0\eta$ щие вклад в этот процесс. В частности, были измерены

ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА УСТАНОВКЕ ДЕЙТРОН

Подготовка детектора частиц.

В 2020 году было запланировано завершение подготовки детектора частиц и в конце года сеанс набора данных эксперимента по измерению тензорной анализирующей способности T20 фотоядерных реакций на дейтроне — двух-частичной фото-дезинтеграции и фото-рождения пи-мезонов. Однако, в связи с пандемией сеанс в накопителе ВЭПП-3 был отменен и перенесен на конец 2021 года. По той же причине не удалось выполнить все запланированные работы по подготовке детектора частиц и внутренней мишени к сеансу.

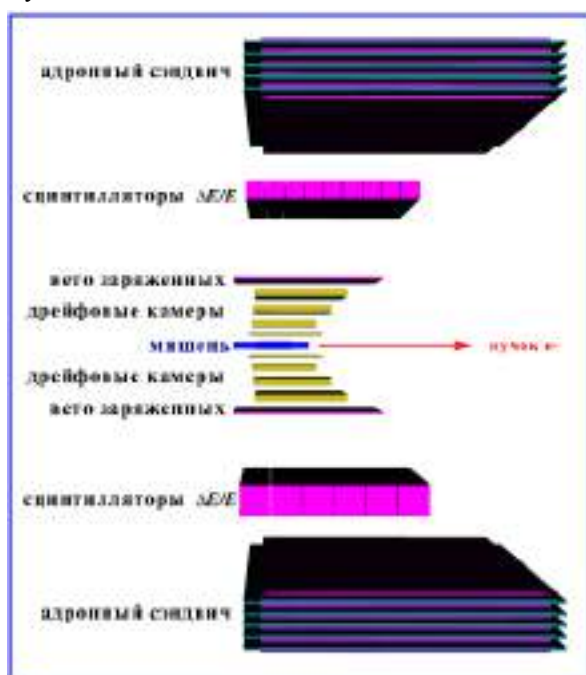


Рисунок 1. Схема детектора продуктов реакции для фотоядерных экспериментов на ВЭПП-3

Тем не менее целый ряд работ был успешно завершен:

- Разработаны, отлажены и изготовлены в полном объеме и с необходимым запасом модули новой электроники детектора:
 - 15 КАМАК модулей 32-канального время-цифрового преобразователя с квантом 1нс на базе ПЛИС Altera EP4CE6, включающие платы усилителей-дискриминаторов – для дрейфовых камер;
 - 3 КАМАК модуля 48-канального время-цифрового преобразователя с квантом 10 нс на базе ПЛИС Altera EP4CE15 – для много-волоочных пропорциональных камер;
 - 3 КАМАК модуля 16-канального время-цифрового преобразователя с квантом 50пс на

базе ПЛИС Altera EP4CE15 и специализированных микросхем-измерителей времени TDC-GP21 и TDC7200 – для сцинтилляционных детекторов;

- 5 модулей 8-канальных быстрых двух-пороговых дискриминаторов на базе микросхем ЭСЛ-логики – для сцинтилляционных детекторов;
- 5 модулей быстродействующих КАМАК-контроллеров на базе ПЛИС Altera EP4CE10 и микрокомпьютера OrangePi с операционной системой Linux;
- 20 6-канальных плат предусилителей для кремниевых фотоумножителей Hamamatsu, используемых в модернизированном варианте адронных сэндвичей.



Рисунок 2. Образцы модулей новой электроники. Слева-направо: ВЦП для дрейфовых камер; ВЦП для сцинтилляционных счетчиков; КАМАК контроллер с встроенным микрокомпьютером; ВЦП с для МППК; быстрый 8-канальный дискриминатор.

- Разработана новая программа реконструкции треков, адаптированная к укороченным дрейфовым расстояниям и широкому угловому захвату дрейфовых камер, используемых в данном эксперименте. Программа была отлажена на данных, полученных в сеансе на ВЭПП-3 в 2018 году.

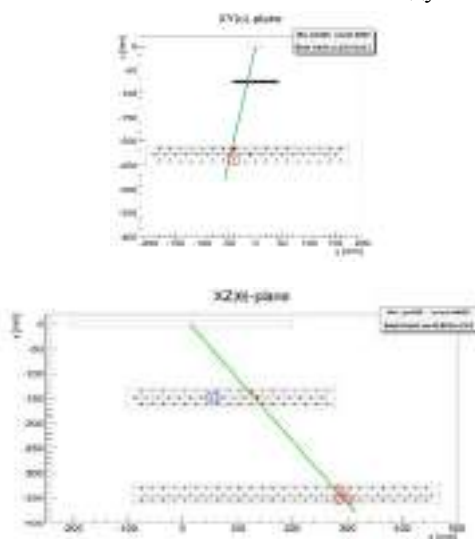


Рисунок 3. Демонстрация работы новой программы трекинга: реконструирована траектория протона из процесса квази-упругого выбивания протона из дейтрона.



Рисунок 4. Нижнее плечо адронного сэндвича, смонтированные кремниевые фотоумножители, малошумящие предусилители.

- В 2020 году была продолжена подготовка нижнего плеча адронного сэндвича:
 - завершена сборка апертурной части адронного сэндвича, состоящей из конверторов (110 стальных пластин размером 1800x160x16 мм³) и сцинтилляционных стрипов (440 пластин размером 1720x80x7 мм³) со вклеенными в них спектро-смещающими волокнами.
 - на каждой из сигнальных сторон адронного сэндвича установлены новые фотоприемники – по 44 кремниевых фотоумножителя Hamamatsu MPPC S10931-100P. Сигналы с них, объединённые попарно, поступают на быстрые малошумящие предусилители, расположенные максимально близко. Работоспособность этих элементов сэндвича проверена на стенде.
- Завершается изготовление 8-ми сцинтилляторов верхнего $\Delta E/E$ слоя. Сцинтилляторы имеют размер 125x125x1000 мм³, на их торцах приклеены цилиндрические световоды из оргстекла с размерами $\varnothing 120 \times 120$ мм. Счетчики оснащены фотоумножителями ФЭУ-63. Поскольку при укладке счетчиков в "стенку" фотоумножители будут располагаться близко друг от друга, каждый из них помещен в тонкий индивидуальный пермалловый экран, а группы ФЭУ - в общие магнитные экраны из железа.



Рисунок 5. Сцинтилляционные счетчики верхнего $\Delta E/E$ слоя на столе сборки. Сцинтилляторы обернуты черной бумагой, фотоумножители помещены в пермалловые экраны.

Анализ реакции $\gamma d \rightarrow d\pi^0$.

В 2020 году продолжался анализ экспериментальных данных, набранных в предыдущие сеансы измерений на установке ДЕЙТРОН на накопителе ВЭПП-3. Целью последних работ стало извлечение тензорных анализирующих способностей для еще одного канала фотореакций на дейтроне — когерентного фоторождения нейтрального пи-мезона: $\gamma d \rightarrow d\pi^0$. Результаты анализа данных демонстрируются на рисунке 6. Сравнение экспериментальных данных, полученных на ВЭПП-3 и расчетов в рамках ряда теоретических моделей показало, что нет теоретической модели, которая хорошо описывает данные во всем диапазоне энергий фотона и угла вылета пиона. Новые данные вызвали интерес у теоретиков, занимающихся этой областью ядерной физики.

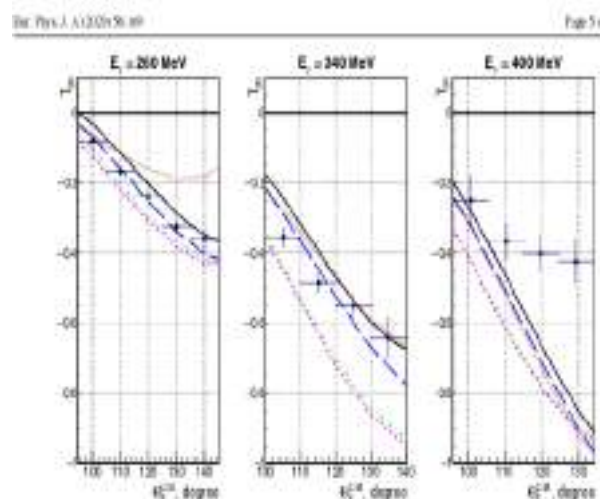


Рисунок 6. Результаты измерения на ВЭПП-3 и расчеты в рамках нескольких теоретических моделей зависимости тензорной анализирующей способности T_{20} реакции когерентного фоторождения пиона на дейтроне $\gamma d \rightarrow d\pi^0$.

*Изучение динамики спина атома,
движущегося в магнитном поле.*

В отчетный период продолжалось изучение отдельных аспектов работы источника поляризованных атомов. Была теоретически исследована динамика спина при движении атома в магнитных полях. Рассмотрено изменение заселенности компонент сверхтонкой структуры атома водорода при движении в периодическом магнитном поле. Наблюдены низкочастотные осцилляции заселенностей состояний, которые имеют прямой аналог в эффекте ядерного магнитного резонанса. Огибающая форма этих осцилляций получена с использования метода Крылова-Боголюбова-Митропольского. Изучена зависимость спиновой динамики от параметров магнитной структуры. Показано, что она очень чувствительна к параметрам магнитного поля и скорости атомов. На рисунке 7 представлены результаты расчёта заселенностей энергетических уровней $\langle W_i \rangle$, соответствующих различным проекциям полного спина атома водорода $S=1$ (индекс i принимает, соответственно, значения 1, 0 и -1). Показана зависимость $\langle W_i \rangle$ как функции от параметра τ , задающего периодическую структуру магнитного поля ($H_z = H_0 \cdot \sin(\tau)$). Также на рисунке 7 показано поведение огибающих $\langle W_i \rangle$, полученных методом Крылова-Боголюбова-Митропольского.

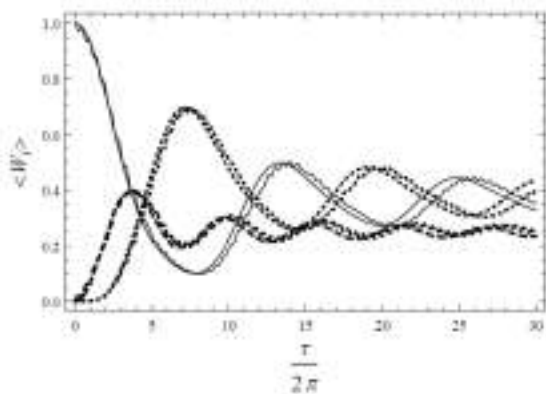


Рисунок 7. Заселенности энергетических уровней $\langle W_i \rangle$, соответствующие различным проекциям полного спина атома водорода $S=1$, как функции от τ – параметра пространственной периодичности магнитного поля. Сплошные линии соответствуют $\langle W_1 \rangle$ и её огибающей, пунктирные линии соответствуют $\langle W_0 \rangle$ и её огибающей, а точечные линии соответствуют $\langle W_{-1} \rangle$ и её огибающей.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В.С. Фадин,
«БФКЛ уравнение: статус и проблемы»
 ЯФ, Т. 51, Вып. 4, 497-502 (2020)

Дан краткий обзор современного состояния и перспектив развития подхода БФКЛ к вычислению сечений полужестких процессов в квантовой хромодинамике. Уравнение БФКЛ было получено для описания поведения амплитуд рассеяния при высоких энергиях в неабелевых калибровочных теориях. В настоящее время оно широко известно и используется в квантовой хромодинамике в главном логарифмическом приближении и следующим за ним. Его вывод основан на полюсной реджевской форме амплитуд с глюонным обменом в кросс-каналах. В высших приближениях эта форма нарушается вкладами реджевских разрезов, что затрудняет вывод уравнения в подходе БФКЛ.

В.С. Фадин,
«Вклады высших порядков в амплитуды КХД в реджевской кинематике»
 Письма в ЖЭТФ, 111, 3 (2020)

Знаменитое уравнение Балицкого–Фадина–Кураева–Липатова (БФКЛ) было получено с использованием гипотезы о том, что амплитуды неабелевых калибровочных теорий с присоединенным представлением калибровочной группы в кросс-каналах даются вкладом реджезованного калибровочного бозона. Гипотеза верна в главном логарифмическом приближении, в котором уравнение было первоначально выведено, и в следующем за ним. Но в следующем за следующим приближении это не так, поскольку в этом приближении начинают вносить свой вклад реджевские разрезы. Обсуждаются вычисления их вклада в амплитуды упругого рассеяния в квантовой хромодинамике и их роль в выводе уравнения БФКЛ.

В.С. Фадин,
«Трехреджеонные разрезы в амплитудах КХД»
 Ядерная физика, Т. 83, Вып. 6, 1-5 (2020)

Для дальнейшего продвижения в теоретическом описании процессов КХД при больших энергиях и ограниченных переданных импульсах необходимо понимать структуру трехреджеонных разрезов и уметь вычислять их вклады в амплитуды КХД. В статье обсуждается существующая в настоящее время теория таких разрезов. По существу, она находится в зачаточном состоянии. Даже для вычисления вкладов трехреджеонных разрезов в амплитуды упругого рассеяния нет единого подхода. Для вывода уравнения БФКЛ в высших необходимо понимание вкладов трехреджеонных разрезов в амплитуды многократного рождения в мультиреджевской кинематике, к исследованию которых еще не приступали.

Р.Е. Герасимов, В.С. Фадин,
«Сокращение главных вкладов в радиационные поправки к сечению упругого e - p -рассеяния в экспериментах по измерению зарядового радиуса протона»
 ЯФ, Т. 83, Вып. 6, стр. 943 - 947 (2020)

Исследовано сокращение главных вкладов в радиационные поправки к сечению упругого рассеяния электронов на протонах для экспериментов по измерению зарядового радиуса протона с регистрацией протона отдачи. Показано, что во вкладе, связанном с взаимодействием электрона с электромагнитным полем в одно-петлевом приближении сокращаются не только члены, содержащие большие логарифмы, но и константы при этих логарифмах, так что этот вклад в радиационные поправки начинается с членов пропорциональных Q/E , где Q --- передача импульса, E --- энергия электрона в системе покоя начального протона.

В.С. Фадин, Р.Е. Герасимов,
«Распределение партонов в радиационных поправках к сечению электрон-протонного рассеяния»

arXiv 2009.12220 [hep-ph], Budker INP 2020-10.

Для расчета радиационных поправок к сечению электрон-протонного рассеяния в экспериментальной постановке с детектированием протонов отдачи, предложенной А.А. Воробьевым для измерения радиуса протона, используется подход структурных функций и партоновых распределений. Разработанный для теоретического описания сильных взаимодействий в глубоконеупругом электрон-протонном рассеянии, этот подход оказался очень эффективным также для расчета радиационных поправок в квантовой электродинамике. В однопетлевом приближении получены явные выражения для этих поправок при произвольных переданных импульсах. Показано, что при переданных импульсах, малых по сравнению с массой протона, различные вклады в поправки взаимно компенсируют друг друга со степенной точностью. В двух петлях поправки получены в главном логарифмическом приближении.

А.В. Грабовский,
«Развитие методов изучения эффектов большой глюонной плотности в КХД»
 ЯФ, Т. 83, Вып. 6, стр. 934–938 (2020),

В работе дан обзор основ метода высокоэнергетического операторного разложения. Обсуждается применение этого метода к вычислению ядер уравнения эволюции для квадрупольного оператора, который необходим для описания данных по фоторождению струй. Этот оператор входит также в определение глюонной плотности Вайцеккера-Вильямса. В статье представлено уравнение эволюции для него в следующем за главным логарифмическом приближении.

С. Валлон, Р. Буссари, А.В. Грабовский,
Л. Шимановский,

«Эффективные дифракционные процессы, включающие эффекты насыщения в следующем за главным приближении»
PoSLC2019, 092 (2020)

В работе приведены результаты описания экспериментальных данных по дифракционному фоторождению двух струй на установке HERA. Описание данных выполнено на основе импакт факторов, вычисленных в подходе высокоэнергетического операторного разложения с точностью следующего за главным приближения.

А.Г. Грозин, П. Маркуард, А.В. Смирнов,
В.А. Смирнов, М. Штейнхаузер,

«Сшивка полей тяжёлых кварков в КХД и в эффективной теории тяжёлого кварка в четырёх петлях»

Phys. Rev. D102 (2020) 054008 (22 p.)

Коэффициент сшивки КХД/НҚЕТ для поля тяжёлого кварка вычислен в четырёх петлях. Он должен быть конечным, и это требование даёт аналитические результаты для некоторых членов в четырёх-петлевой константе перенормировки поля тяжёлого кварка на массовой поверхности, которые ранее были известны только численно. В случае КЭД получена связь между полем электрона и полем Блоха-Нордсика с четырёх-петлевой точностью.

А.Г. Грозин, П. Маркуард, А.В. Смирнов,
В.А. Смирнов и М. Штайнхаузер,

«Связь полей тяжёлого кварка в КХД и в эффективной теории тяжёлого кварка в 4 петлях»
ЯФ 83 (6) (2020) 550 (3 стр.)

Коэффициент сшивки КХД/НҚЕТ для поля тяжёлого кварка вычислен в четырёх петлях. Он должен быть конечным, и это требование даёт аналитические результаты для некоторых членов в четырёх-петлевой константе перенормировки поля тяжёлого кварка на массовой поверхности, которые ранее были известны только численно. В случае КЭД получена связь между полем электрона и полем Блоха-Нордсика с четырёх-петлевой точностью.

А.Г. Грозин,

«Вершинные диаграммы в эффективной теории тяжёлого кварка: эpsilon разложение»
Phys. Rev. D102 (2020) 054022

Дифференциальные уравнения для однопетлевой вершинной диаграммы в НҚЕТ с произвольными собственно-энергетическими вставками и произвольными энергиями приведены к epsilon-форме и использованы для получения разложений по epsilon через Гончаровские полилогарифмы.

Р.Н. Ли,

«Пересмотренная теория электрон-позитронная аннигиляция в фотоны в порядке $O(\alpha^3)$ »
Nuclear Physics B, 960, 115200 (2020)

В работе используется метод дифференциальных уравнений для аналитического вычисления полного борновского сечения трёхфотонной аннигиляции электрон-позитронной пары, а также, для вычисления полного сечения двухфотонной аннигиляции с учётом однопетлевой поправки. Взятые по-отдельности, эти сечения зависят от параметра инфракрасного обрезания, а поэтому, и от системы, в которой ставятся ограничения на минимальную частоту фотона. Сумма этих сечений инфракрасно стабильна и не зависит от системы отсчёта. Вычислены асимптотики полученных формул вблизи порога и при больших энергиях. Последняя оказалась отличающейся от имеющихся в литературе и широко используемых результатов. Обнаружена причина ошибки в этих результатах. В работе впервые была получена формула для вероятности излучения мягкого фотона в рамках размерностной регуляризации. Эта формула имеет простой вид и может быть использована и в других задачах, использующих размерностную регуляризацию.

Р.Н. Ли, А.А. Любякин, В.А. Стоцкий,

«Исследование полного сечения процесса $\gamma e \rightarrow eX$, где $X=\gamma, e, \mu$ с помощью многопетлевых методов»
<https://arxiv.org/abs/2010.15430>

Представлены результаты вычисления полных борновских сечений процессов $e\gamma \rightarrow e\mu^+\mu^-$, $e\gamma \rightarrow e\gamma\gamma$ и $e\gamma \rightarrow 2e^+e^-$ при произвольных энергиях сталкивающихся частиц. Вычисление этих сечений было выполнено с помощью методов многопетлевых вычислений. Для первого процесса сечение получено с точностью до степенных поправок по массе электрона. За исключением узкой припороговой области, сечение выражено через классические полилогарифмы. Отдельно рассмотрена припороговая область, в которой сечение выражается через полные эллиптические интегралы. Для сечения процесса $e\gamma \rightarrow e\gamma\gamma$ (двойное комптоновское рассеяние) получено выражение в терминах классических полилогарифмов, с учётом ограничения на минимальную частоту мягких фотонов. Это ограничение приводит к зависимости сечения от системы отсчёта, и в статье были получены выражения для двух наиболее интересных случаев --- системы покоя начального электрона и системы центра инерции. Показано, что вычисление мягкофотонного вклада можно выполнить также с помощью многопетлевых методов. Рассмотрены асимптотики полученного сечения при малых и при больших энергиях начального фотона. Асимптотика двойного комптоновского рассеяния при больших энергиях получена впервые. Сечение процесса $e\gamma \rightarrow 2e^+e^-$ не выражается через полилогарифмы. В работе это сечение получено в виде однократного интеграла от выражений, зависящих от полных эллиптических интегралов и логарифмов. Такой вид удалось получить благодаря методу, основанному на существовании так называемого ϵ -регулярного базиса. Вычислены асимптотики при малых и больших энергиях сталкивающихся частиц.

А.И. Мильштейн, А.С. Руденко,
**«Согласованный анализ формфакторов
 $f_1(1285)$ мезона»**

Phys. Lett. B800, 135117 (2020)

Предложена параметризация формфакторов $f_1(1285)$ мезона. Эта параметризация согласуется с существующими экспериментальными данными о сечениях рождения $f_1(1285)$ мезона в процессах $e^+e^- \rightarrow f_1(1285)$ и $e^+e^- \rightarrow e^+e^- f_1(1285)$, а также о ширинах распадов $f_1(1285) \rightarrow e^+e^-$, $f_1(1285) \rightarrow \rho^0\gamma$, $f_1(1285) \rightarrow \rho^0\pi^+\pi^-$ и $f_1(1285) \rightarrow 2\pi^+\pi^-$. Наша параметризация также согласуется с предсказаниями для асимптотического поведения этих формфакторов.

И.А. Кооп, А.И. Мильштейн, Н.Н. Николаев,
 А.С. Попов, С.Г. Сальников, П.Ю. Шатунов,
 Ю.М. Шатунов,

**«Стратегия изучения нарушения
 пространственной чётности в ядерных
 столкновениях на установке НИКА»**

Письма в ЭЧАЯ, Т. 17, № 2, Стр. 122-131 (2020)

Обсуждается возможная постановка эксперимента по измерению эффекта нарушения P -чётности при взаимодействии поляризованных протонных или дейтронных пучков с неполяризованной мишенью. В первом случае предлагается проводить эксперимент по рассеянию поляризованного пучка протонов или дейтронов на толстой внутренней мишени в одном из колец коллайдера НИКА. В этой постановке спин циркулирующего пучка частиц переводится в прецессирующую в горизонтальной плоскости моду с помощью ВЧ-флиппера. Эффект нарушения чётности будет изучаться с помощью измерения корреляции сечения взаимодействия частиц и направления их спинов. В альтернативном подходе, флиппер переводит спины частиц в горизонтальную плоскость и производится выпуск пучка в канал в определенной фазе прецессии. В этой более традиционной постановке эксперимента производится измерение полного сечения прохождения частиц сквозь плотную мишень в зависимости от знака спиральности поляризации пучка.

А.Е. Бондарь, А.И. Мильштейн
«Зарядовая асимметрия в распадах $B \rightarrow D\bar{D}K$ »
 J. High Energ. Phys. 2020, 15 (2020)

Обсуждается зарядовая асимметрия в распадах $B \rightarrow D\bar{D}K$ при инвариантной массе $D\bar{D}$ пары вблизи резонанса $\Psi(3770)$. В отличие от распадов $\Psi(3770)$ в e^+e^- аннигиляции, в распадах B^+ вероятность рождения $D^0\bar{D}^0$ почти в три раза больше, чем $D^+\bar{D}^-$. В распадах B^0 соотношение между вероятностями этих распадов будет противоположным. Эффект объясняется тем, что в распадах B -мезонов пара $D\bar{D}$ рождается в суперпозиции изоскалярного и изовекторного состояний, и только в совокупности с K -мезонами полное состояние обладает изоспином $1/2$. Построена простая модель, в которой интерференция нерезонансной изовекторной амплитуды с резонансной изоскалярной амплитудой объясняет экспериментальные факты.

А. И. Мильштейн, Н. Н. Николаев,
 С. Г. Сальников,

**«Нарушение чётности в протон-протонном
 рассеянии при высоких энергиях»**

Письма в ЖЭТФ 111, 215–218 (2020)

Предложен новый подход к описанию нарушения чётности в процессе рассеяния поляризованного протона на протоне при высоких энергиях. Показано, что в древесном приближении P -нечетная амплитуда протон-протонного рассеяния существенно меньше P -нечетной амплитуды в протон-нейтронном рассеянии. Главным источником P -нечетной асимметрии в протон-протонном рассеянии оказываются радиационные поправки за счет зарядово-обменного сильного взаимодействия. Мы предсказываем, что асимметрия в неупругом сечении существенно меньше асимметрии в упругом сечении.

А.И. Мильштейн, Ю.В. Шестаков, Д.К. Топопрков,
**«Спиновая динамика атома водорода в
 периодической магнитной структуре»**
 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research A 969,
 164046 (2020)

Исследована спиновая динамика атома водорода при прохождении периодической магнитной структуры. Числа заполнения компонентов сверхтонкой структуры рассматриваются как функции времени. Видны характерные низкочастотные колебания, имеющие прямой аналог в эффекте ядерного магнитного резонанса. Формы огибающей этих колебаний найдены с помощью метода Крылова-Боголюбова-Митропольского. Исследована зависимость спиновой динамики от параметров магнитной структуры. Показано, что эта зависимость очень чувствительна к структуре магнитного поля.

П.А. Крачков, А.И. Мильштейн, А.Г. Шапов,
**«Амплитуды двухфотонных процессов и
 расширение БДК генератора»**

Computer Physics Communications 257, 107519 (2020)

Предложен метод получения удобных представлений для двухфотонных амплитуд. Он основан на использовании калибровки, в которой фотонный пропагатор имеет только пространственные компоненты. В результате, амплитуды не имеют сильных численных сокращений и очень удобны для вычислений. Подход проиллюстрирован на примере процессов $e^+e^- \rightarrow e^+e^-e^+e^-$, $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\mu^+\mu^-$ и $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-\pi^+\pi^-$. Метод обобщён на случай поляризованных частиц. Амплитуды, полученные в данном подходе, были использованы для расширения генератора событий, разработанного Ф.А. Берендсом, П.Х. Давервелдтом и П. Клейсом. Это позволяет моделировать процессы $e^+e^- \rightarrow 4l$, $e^+e^- \rightarrow 2l2\pi$ и $e^+e^- \rightarrow 2l2\pi$ с парой $\pi^+\pi^-$ в состоянии 1^- с учетом вкладов узких векторных резонансов и ISR. Предусмотрены также расчеты с произвольной поляризацией исходных частиц.

А. И. Мильштейн, Н. Н. Николаев, С. Г. Сальников,
**«Несохранение чётности в протон-дейтронном
 рассеянии»**

Письма в ЖЭТФ 112, No 6, Стр. 352 (2020)

Обсуждаются эффекты нарушения чётности при взаимодействии релятивистских поляризованных протонов и дейтронов. В рамках подхода Глаубера получены оценки P -нечётных асимметрий в полном и упругом сечении рассеяния, сечении диссоциации и в неупругом сечении рассеяния с рождением мезонов. Показано, что с точки зрения величины P -нечётного эффекта, взаимодействие поляризованных дейтронов с неполяризованными протонами имеет преимущество по сравнению со взаимодействием поляризованных протонов с неполяризованными дейтронами. При этом найдена значительная P -нечётная асимметрия в канале диссоциации поляризованного дейтрона.

А. Бондарь, А. Грабовский, А. Резниченко,
 А. Руденко, В. Воробьёв,

**«Измерение слабого угла смешивания на Супер-
 Чарм-Тау фабрике с мониторингом средней
 поляризации электронного пучка»,**
 JHEP 03 (2020) 076

Предложен метод измерения средней продольной поляризации электронного пучка на электрон-позитронном коллайдере, работающем вблизи резонанса J/ψ . В методе используется дифференциальное сечение распада $J/\psi \rightarrow [\Lambda \rightarrow \rho\pi][\Lambda \rightarrow \rho\pi^+]$. Его можно использовать для измерения средней продольной поляризации электронов со статистической точностью лучшей, чем 10^{-3} на Супер чарм-тау фабрике, работающей при светимости $10^{35} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Метод обсуждается в контексте измерения угла слабого смешивания в том же эксперименте.

В.М. Хацимовский,

«Дискретная версия решения для чёрной дыры»
 Int. Journ. Mod. Phys. A 35, 2050058 (2020)

Рассматривается решение типа черной дыры в исчислении Редже. Для построения такого решения используется изученное ранее представление дискретной гравитации Эйнштейна в переменных метрика - дискретная связность Кристоффеля. В ведущем порядке по вариациям метрики между тетраэдрами это сводит задачу решения уравнений дискретной гравитации Редже к исследованию конечно-разностных уравнений Эйнштейна.

В.М. Хацимовский,

«Дискретная версия проблемы Шварцшильда»
 Universe 6, No.10, 185 (2020)

Рассматривается механизм полусвободной фиксации масштаба элементарных длин за счет меры в функциональном интеграле, возникающей после функционального интегрирования по связности в представлении с независимой связностью. Получающийся фоновый масштаб длины зависит от пока свободного фундаментального безразмерного пара-

метра, определяющего функциональную меру. В рассматриваемой задаче интересно формально большое значение этого параметра и масштаба длины в единицах Планка, когда полученное эффективное действие в функциональном интеграле близко к действию Редже. Задача решения дискретных уравнений гравитации (классических) с масштабом длины (имеющим квантовое происхождение) возникает как задача определения оптимальной фоновой метрики для пертурбативного разложения, генерируемого функциональным интегралом.

Для задачи с точечным источником получаем решение, на расстояниях, больших в сравнении с масштабом длины, близкое к геометрии Шварцшильда, а на малых расстояниях обрезающееся на фоновом масштабе длины, так что сингулярность в центре отсутствует. Получена эффективная кривизна и величина $R^{iklm}R_{iklm}$ в центре. Рассмотрен случай медленного вращения (аналог задачи Лензе-Тирринга в континууме).

О.В. Жиров, Дж. Лагес, Д.Л. Шепелянский,
**«Моделирование термоэлектричества с помощью
 холодных дипольных атомов в фазе Абри
 оптической решётки»,**
 Applied Sciences. 2020, 10(6), 2090

В работе аналитически и численно исследованы термоэлектрические свойства цепочки ультрахолодных атомов, взаимодействующих дипольным образом, помещенных в оптический периодический потенциал. При малой амплитуде периодического потенциала такая цепочка свободно скользит вдоль потенциала, что соответствует режиму Колмогорова-Арнольда-Мозера интегрируемых кривых симплектического отображения. Выше некоторой критической амплитуды цепочка оказывается в состоянии захвата оптической решеткой, отвечающего канторовскому режиму фазы Обри. Показано, что фаза Обри цепочки атомов обладает исключительными термоэлектрическими свойствами, характеризуемыми значением термоэлектрической добротности вплоть до $ZT=25$, что в 10 раз превышает максимальное значение, достигнутое в экспериментах с известными термоэлектриками. Из приведенных оценок следует, что рассматриваемая система может быть реализована в современных экспериментах с ультрахолодными атомами, взаимодействующими магнитно-дипольным образом. Это открывает новые перспективы для дальнейших исследований термоэлектрических эффектов.

А.В. Резниченко, И.С. Терехов

**«Подход интеграла по траекториям к изучению
 недисперсионного оптического канала связи»**
 Entropy 22, 607 (2020)

В работе обобщены и систематизированы методы и результаты вычислений теоретико-информационных характеристик, полученных в ряде предыдущих работ по описанию нелинейного оптоволоконного канала связи в бездисперсионном пределе. Подробно рас-

смотрены две модели: модель одномоментного бездисперсионного канала (per-sample model), а также модель, в которой входной сигнал зависит от времени. Для данных моделей развит подход к вычислению взаимной информации точно по параметру нелинейности, но для большого отношения мощности сигнала к мощности шума. С его помощью в первой модели впервые получена оценка для нижней границы емкости нелинейного бездисперсионного канала связи в промежуточной области мощностей.

ФИЗИКА ПЛАЗМЫ И УТС

ИЯФ СО РАН в федеральном проекте «РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЯЕМОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА И ИННОВАЦИОННЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

На заседании президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам 24 декабря 2020 года был утвержден паспорт комплексной программы «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации на период до 2024 года».

В состав комплексной программы входят следующие федеральные проекты.

1. Разработка технологий двухкомпонентной атомной энергетики с замкнутым ядерным топливным циклом
2. Создание современной экспериментально-стендовой базы для разработки технологий двухкомпонентной атомной энергетики с замкнутым ядерным топливным циклом
3. **Разработка технологий управляемого термоядерного синтеза и инновационных плазменных технологий**
4. Разработка новых материалов и технологий для перспективных энергетических систем
5. Проектирование и строительство референтных энергоблоков атомных электростанций, в том числе атомных станций малой мощности.

В рамках федерального проекта № 3 «Разработка технологий управляемого термоядерного синтеза и инновационных плазменных технологий» в зоне ответственности ИЯФ находятся четыре мероприятия:

1. разработка и испытание мощных систем инжекции атомарных пучков, предназначенных для нагрева плазмы и поддержания тока, в том числе стационарных;
2. создание источников атомарных и ионных пучков нового поколения;
3. экспериментальная верификация эффективных методов удержания плазмы в существующих и перспективных линейных системах;
4. реконструкция и техническое перевооружение комплекса разработки новых технологий удержания термоядерной плазмы высокой плотности в линейных системах.

Первые три мероприятия относятся к категории прикладных научных исследований и экспериментальных разработок (ПНИЭР), четвертое мероприятие - реконструкция и техническое перевооружение. Далее представлены краткие описания обязательств ИЯФ СО РАН в рамках этих мероприятий, а также имеющиеся заделы.

Разработка и испытание мощных систем инжекции атомарных пучков, предназначенных для нагрева плазмы и поддержания тока, в том числе стационарных.

В ходе выполнения обязательств по данному мероприятию должны быть проведены следующие работы и получены следующие результаты.

1. Создание экспериментального образца атомарного инжектора на положительных ионах с относительно низкой энергией (15 – 30 кэВ), но с рекордным током пучка (не менее 150 А) и длительностью более 30мс для установки ГДЛ (ГДМЛ).
2. Разработка концептуального проекта прототипа атомарного инжектора непрерывного действия на отрицательных ионах с энергией не ниже 500 кэВ, изготовление и испытание ключевых элементов прототипа.
3. Создание источника положительных ионов с энергией 100 кэВ и током пучка 75 А (мощность в ионном пучке 7,5 МВт).

Хорошим заделом по первому пункту обязательств данного мероприятия является атомарный инжектор на основе положительных ионов, который был ранее разработан в ходе выполнения контракта с компанией TAE Technologies (США). Рисунок 1 поясняет его устройство.



Рисунок 1. Общий вид атомарного инжектора, разработанного ранее в рамках контракта с компанией TAE Technologies.

Данный инжектор имеет следующие особенности:

- сетки ионно-оптической системы имеют отверстия щелевой формы;
 - относительно большая площадь сеток - Ø 340 мм;
 - сферическая форма сеток для баллистической фокусировки пучка;
 - различные значения угловой расходимости по координатам x и y ;
 - для создания плазмы используется 4 дуговых генератора и 48-полюсная магнитная стенка Ø400;
- В ходе выполнения предшествующих контрактных работ было изготовлено два поколения ионно-оптических систем сеточного типа для отработки соответствующих технологий. На рисунке 2 показана фотография ионно-оптической системы данного инжектора в сборе.

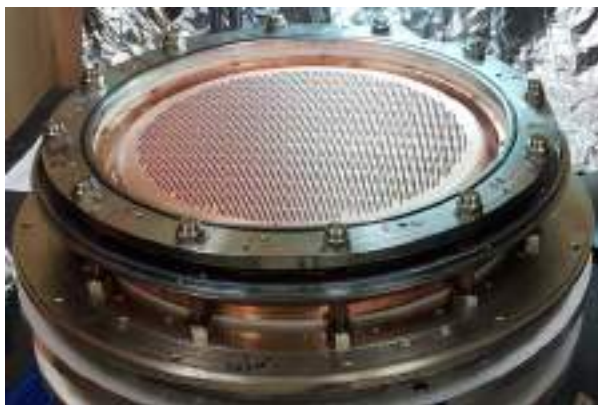


Рисунок 2. Фотография ионно-оптической системы инжектора в сборе.

Второй пункт программы данного мероприятия «разработка концептуального проекта прототипа атомарного инжектора непрерывного действия на отрицательных ионах с энергией не ниже 500 кэВ, изготовление и испытание ключевых элементов прототипа» предполагает отработку технологий, необходимых для создания атомарного инжектора на основе отрицательных ионов водорода с энергией более 0,5 МэВ и мощностью диапазона МВт. Атомарные инжекторы с такими параметрами необходимы для нагрева и поддержания тока в термоядерных установках следующих поколений с «горящей плазмой». Основная часть работ в рамках данного пункта программы мероприятия будет проведена на специальном ускорительном стенде, принципиальную схему которого демонстрирует рисунок 3. В настоящее время на стенде установлен прототип источника отрицательных ионов с энергией до 120 кэВ и током пучка до 1,5 А.

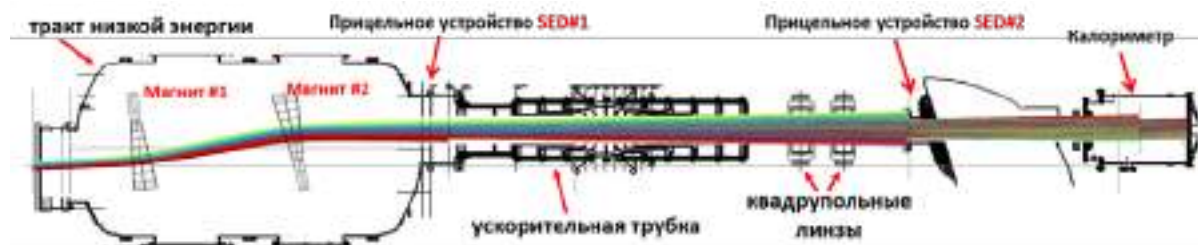


Рисунок 3. Принципиальная схема стенда для отработки технологий, необходимых для создания мощного атомарного инжектора на основе отрицательных ионов водорода с энергией частиц не менее 0,5 МэВ.

Краткое описание ионного источника будет дано в следующем разделе. Пучок входит в тракт низкой энергии, который состоит из вакуумного бака с системой откачки обеспечивающей скорость откачки $2 \cdot 10^5$ л/с и двух поворотных магнитов (#1 и #2 на рис. 3), используемых для параллельного сдвига пучка на 440 мм от оси источника. Тракт низкой энергии служит для очистки пучка от сопутствующих частиц (водород, цезий и электроны из источника, атомы водорода с высокой энергией) и для защиты самого источника от пучка вторичных положительных ионов образующихся в ускорительной трубке. Затем пучок попадает в тракт высокой энергии, главным элементом которого является одноапертурная многоэлектродная ускорительная трубка, где происходит дальнейшее увеличение энергии частиц пучка. На выходе из ускорительной трубки установлены квадрупольные магниты, которые предназначены для фокусировки пучка, ускоренного до полной энергии. Сформированный таким образом пучок направляется на calorimeter.

В ходе работ на стенде к моменту написания этого отчета получены следующие результаты, которые являются хорошим заделом для выполнения обязательств в рамках данного пункта программы мероприятия.

- ~ 35 % пучка было проведено через тракт низкой энергии и ускорено до энергии $83+160 = 243$ кэВ.
- Был измерен ток, захватываемый на элетроды ускорительной трубки ~ 3 мА (1,3%), что согласуется с

теоретическими оценками. Этот ток в основном состоит из электронов, образованных при обдирке пучка отрицательных ионов и может включать в себя оседание отрицательных ионов.

- Продемонстрировано, что использование квадрупольных магнитов уменьшает размер пучка на выходе из тракта высокой энергии в полном соответствии с результатами расчетов.

На рисунке 4 показаны формы импульсов тока пучка на выходе из источника (Ib) и тока пучка, ускоренного до 243 кэВ в ускорительной трубке (IHV). Как видно из рисунка ток пучка на выходе из источника постоянен в течении импульса, а ионный ток, ускоряемый в ускорительной трубке постепенно увеличивается к концу импульса, что соответствует улучшению прохождения пучка через тракт низкой энергии IHV/Ib от 30% до 37% в течении импульса.

Рисунки 5 и 6 демонстрируют влияние квадрупольных магнитов, установленных в тракте транспортировки на размеры пучка отрицательных ионов. Как показано на рис. 5, включение квадрупольных магнитов приводит к увеличению интенсивности пучка измеренную calorimeterом на расстоянии 10 м от источника в 1,4 раза.

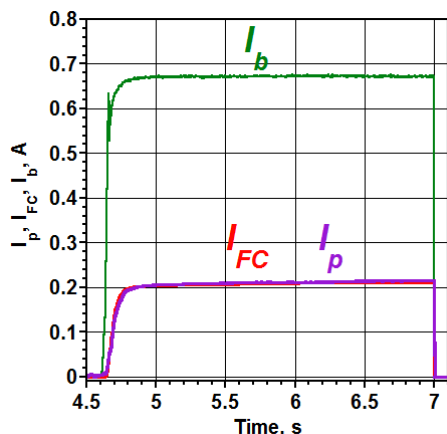


Рисунок 4. Оциллограммы тока пучка на выходе из источника I_b и тока пучка после ускорения в ускорительной трубке I_{HV} .

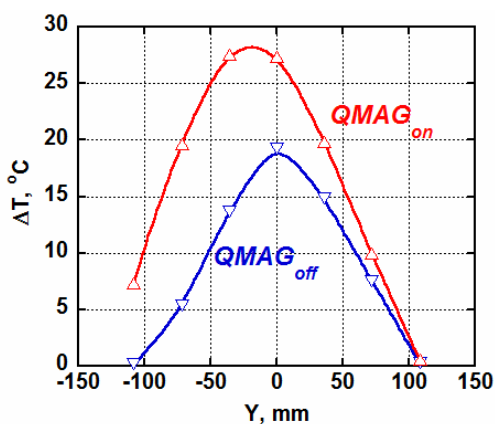


Рисунок 5. Профиль плотности мощности пучка на расстоянии 10 м с включенными и выключенными квадрупольными линзами (ON & OFF).

Таким образом в результате экспериментов, предшествующих выполнению плана работ в рамках мероприятия «разработка концептуального проекта прототипа атомарного инжектора непрерывного действия на отрицательных ионах с энергией не ниже 500 кэВ, изготовление и испытание ключевых элементов прототипа», была подтверждена эффективность ключевых оригинальных решений, заложенных в основу инжектора и доказана принципиальная возможность ускорения пучка отрицательных ионов водорода до энергии в сотни кэВ.

Третий пункт программы данного мероприятия предполагает создание источника положительных ионов с энергией 100 кэВ и током пучка 75 А (мощность в ионном пучке 7,5 МВт). Одновременно с ним будет создан газовый нейтрализатор пучка ионов дейтерия, что позволит получать атомарный пучок с мощностью на выходе не менее 3,5 МВт. Сравнимый ток пучка ионов был получен ранее на инжекторах установок TFTR и DIII-D. Для большинства инжекционных систем длительность работы ≤ 10 сек. Пучок создаваемого инжектора будет хорошо сфокусирован, что обеспечивает его прохождение через вводные порты

уменьшенных размеров. Конструкция источника ионов рассчитана на непрерывный режим работы.



Рисунок 6. Демонстрация эффективности сжатия пучка в области калориметра при помощи квадрупольных магнитов.

Создание источников атомарных и ионных пучков нового поколения.

В рамках этого мероприятия планируется создание двух образцов источников отрицательных ионов водорода непрерывного действия с током 1,5 А и 9 А. Источник с током 1,5 А предназначен для работы в составе ускорительного стенда, описанного в разделе I. Источник с током в 9 А является полноразмерным прототипом источников предназначенных для работы в составе мощных атомарных инжекторов следующих поколений, которые необходимы в грядущих экспериментах с «горящей плазмой». На рисунке 7 показана фотография источника с током в 1,5 А, энергией пучка до 120 кэВ и продолжительностью импульсов до 100 секунд, который в настоящее время установлен и используется в экспериментах на ускорительном стенде. В рамках работ по данному мероприятию планируется его глубокая модернизация с целью обеспечить непрерывный режим работы.

Рисунок 8 поясняет устройство источника ионов, предназначенного для генерации тока в 9 А.

В таблице 1 даны основные проектные параметры этого варианта источника отрицательных ионов водорода.



Рисунок 7. Многоапертурный источник с током пучка 1,5 А и одним ВЧ-драйвером.

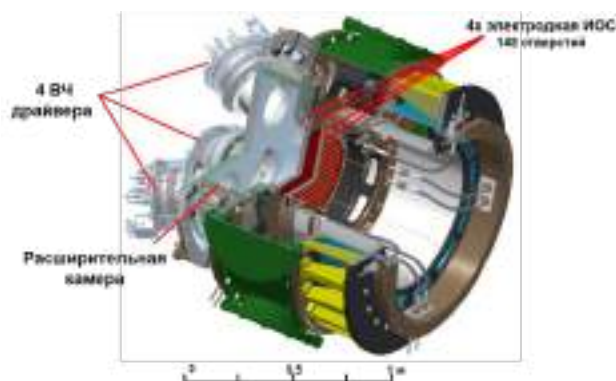


Рисунок 8. Конструкция источника ионов, предназначенного для работы с током 9 А.

Ниже обозначен статус работ по созданию этого варианта ионного источника на конец января 2021 года.

- Все основные элементы источника изготовлены.
- Собран корпус источника с высоковольтным изолятором.
- Установлена 4-электродная ионно-оптическая система.

- Собрана расширительная камера с внутренней магнитной стенкой.
- Ведется подготовка вакуумных испытаний, сборка 4-х ВЧ драйверов и их установка на расширительную камеру.

Таблица 1. Проектные параметры ионного источника с током 9 А.

Параметр	Значение
Энергия ионов	120 кэВ
Ток отрицательных ионов	9 А
Длительность импульса	100 с
Вытягивающее напряжение	до 10 кВ
Вытягивающий зазор	4,65 мм
Ускоряющее напряжение	110 кВ
Ускоряющий зазор	42 мм
Диаметр эмиссионного отверстия	14 мм
Плотность тока в плоскости эмиттера	25 мА/см ²
Подача водорода	8 л·Тор/с
Давление водорода в плазменной камере	4 мТор

Реконструкция и техническое перевооружение комплекса разработки новых технологий удержания термоядерной плазмы высокой плотности в линейных системах.

В результате выполнения плана данного мероприятия должен быть создан научно-технологический комплекс, включающий:

1. линейную ловушку с элементами сверхпроводимости с параметрами прототипа термоядерного источника с эквивалентным потоком нейтронов 10^{18} нейтронов в секунду (газодинамическая многопробочная ловушка - ГДМЛ);
2. стендовую базу для разработки мощных источников нейтральных и ионных пучков.

Магнитная система и вакуумная камера проектируемой установки ГДМЛ в ее полномасштабном варианте представлены на рисунке 9.



Рисунок 9. Магнитная система и вакуумная камера проектируемой установки ГДМЛ.

Программа исследований на установке ГДМЛ включает демонстрацию кардинального улучшения удержания плазмы в стационарных условиях:

1. за счет использования многопробочных секций;
2. за счет перехода в режим диамагнитного удержания, когда давление плазмы приближается к эффективному давлению вакуумного магнитного поля ($\beta = 8\pi \cdot P_{\text{plasma}}/B_v^2 \rightarrow 1$).

Экспериментальная верификация эффективных методов удержания плазмы в существующих и перспективных линейных системах.

Целью работ в рамках этого мероприятия является экспериментальное обоснование проекта ГДМЛ с использованием макетов, работающих в импульсных режимах:

1. ГОЛ-NB – демонстрация эффективности многопробочного удержания;
2. КОТ и ГДЛ – удержание горячей плазмы с большим значением относительного давления - β .

Краткие описания установок ГОЛ-NB, КОТ и ГДЛ приведено ниже вместе с заявленными в качестве обязательств результатами работ по годам.

2021 год

На установке «Компактный осесимметричный тороид» (КОТ) с мощностью атомарной инжекции не менее 1,5 МВт продемонстрировано устойчивое удержание плазмоида горячих ионов со средней энергией не менее 7 кэВ.

В случае успеха экспериментальной программы установки КОТ можно ожидать достижение режима с обращением магнитного поля и получения в этой установке плазмоида с замкнутыми силовыми линиями магнитного поля (FRC – field reversed configuration). В настоящее время исследование по FRC для термоядерных приложений активно ведется в нескольких мировых центрах, однако используемый в рамках проекта подход – обращение поля с помощью мощной инжекции быстрых нейтралов – является новаторским и очень перспективным с точки зрения использования в термоядерном реакторе.

Рисунок 10 поясняет устройство установки КОТ, которая на момент написания данного отчета находится в стадии подготовки к эксперименту. Основные проектные параметры установки перечислены в таблице 2.

2022 год

Для получения информации о локальных значениях относительного давления (β) внутри плазменного столба установок ГДЛ и КОТ будет развита методика локальных измерений величины магнитной индукции, основанная на динамическом эффекте Штарка с использованием

лазерно-индуцированной флуоресценции. Планируется достичь рекордного для данной методики разрешения на уровне не хуже 0,01 Тл, что позволит детально исследовать режимы удержания горячей плазмы с высоким β в ГДЛ.

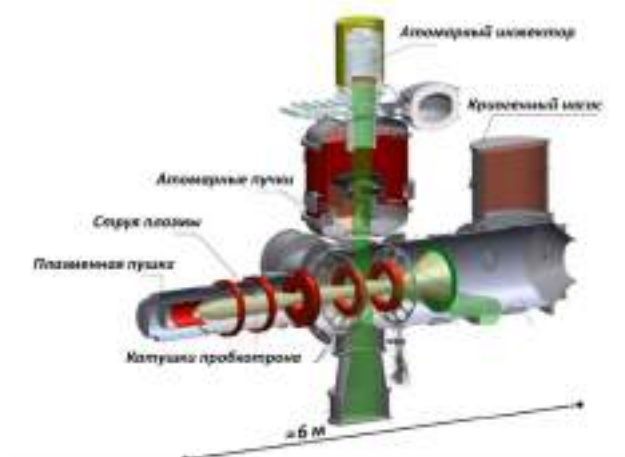


Рисунок 10. Установка «Компактный осесимметричный тороид» (КОТ).

Таблица 2. Основные проектные параметры установки КОТ.

Плотность мишенной плазмы	$4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$
Температура мишенной плазмы	50 эВ
Расстояние между пробками	50 см
Радиус плазмы	10 см
Магнитное поле в центре	2 кГс
Пробочное отношение	2
Ток инжекции	250-300 экв. А
Энергия инжекции	15 кэВ
Длительность импульса инжекции	5 мс
Длительность импульса магнитного поля	50 мс

Рисунок 11 демонстрирует результаты эскизного проектирования диагностики MSE-LIF на установке ГДЛ. Актуальность работ по развитию данной диагностики связана со следующими обстоятельствами:

- возможностью измерения магнитного поля в плазме высокого давления ($\beta \approx 1$);
- существенным увеличением точности измерений магнитного поля в плазме методом MSE (лучше 1%).

В результате ранее выполненных работ имеется следующий задел в данном направлении, что является основой для успешного выполнения поставленных задач в рамках данного пункта мероприятия:

- получен опыт разработки спектральных MSE диагностик и применения их в исследованиях. Измерено $\beta=0,5$ в плазме ГДЛ;

- на установке ГДЛ проведены измерения рекордно малого магнитного поля в плазме $0,2 \text{ Т} \pm 2,5\%$ с разрешением по времени 200 мкс;
- на пучке дейтерия 50 кэВ получен разброс по продольной энергии менее 0,1%.

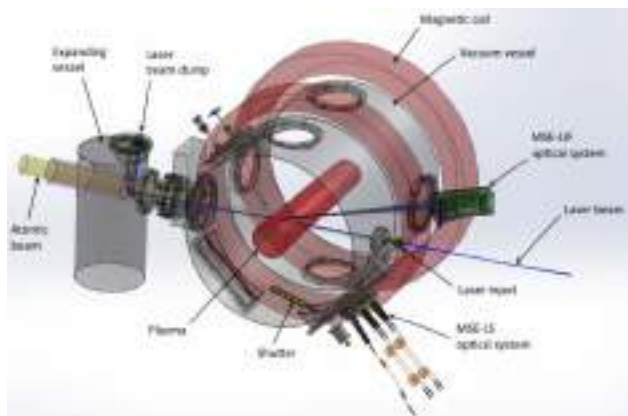


Рисунок 11. Эскизный проект диагностики MSE-LIF на ГДЛ с использованием существующего 50 кэВ диагностического пучка дейтерия DINA-5M.

2023 год

В 2023 году планируется получение двух уникальных результатов на установках ГОЛ-НВ и КОТ.

1. С использованием импульсного макета газодинамической многопробочной ловушки (ГОЛ-НВ) длиной 10 метров получено подавление продольных потерь плазмы в многопробочном режиме не менее чем в 5 раз. В рамках проекта предполагается впервые исследовать эффективность многопробочного удержания в квазистационарном режиме в условиях, близким к условиям в термоядерном реакторе на основе газодинамической ловушки. Получение ожидаемых параметров и подтверждение эффективности многопробочных секций откроет возможность существенного увеличения параметров термоядерного реактора на основе открытой ловушки.

2. Получение на установке КОТ режимов удержания плазмы с давлением, близким к давлению внешнего магнитного поля (параметр бета относительно вакуумного магнитного поля не ниже 0,9).

Рисунок 12 демонстрирует устройство установки ГОЛ-НВ.

Установка состоит из центральной ловушки, к которой присоединено два инжектора нейтральных пучков, двух секций сильного поля и двух баков расширителей магнитного потока, в одном из которых расположен дуговой источник плазмы, а в другом – поглотитель плазмы. Показаны также четыре модуля системы вакуумной откачки. Для масштаба показано расстояние между несущими колоннами. Основная идея эксперимента состоит в сравнении времен удержания частиц и энергии плазмы в центральной ловушке для двух конфигураций магнитного поля в боковых секциях: конфигурации соленоида и многопробочной конфигурации. Рисунок 13 показывает продольный профиль магнитной индукции в этих двух режимах.

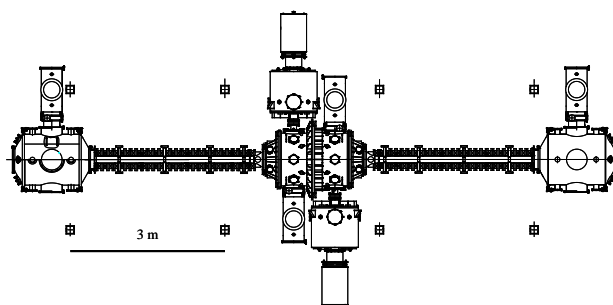


Рисунок 12. Установка ГОЛ-НВ – вид сверху.

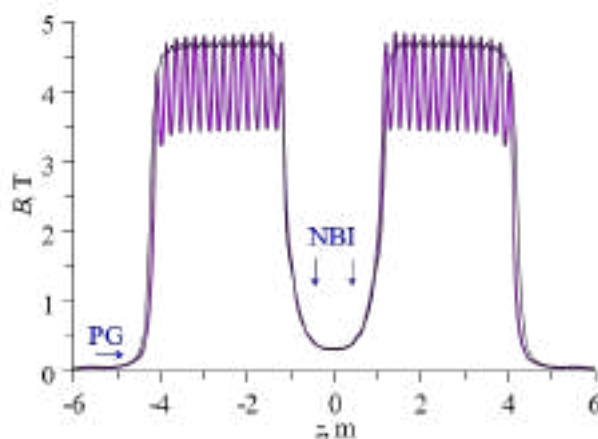


Рисунок 13. Тип подключения магнитной системы установки ГОЛ-НВ: чёрным – соленоидальная, фиолетовым – многопробочная.

2024 год

В 2024 году в экспериментах на открытой магнитной ловушке ГДЛ планируется получение устойчивого удержания плазмы с давлением, близким к давлению внешнего магнитного поля (параметр бета не ниже 0,8).

Ожидаемое значение является рекордным для осесимметричных магнитных систем. Получение высокого значения параметра бета предполагает решение проблемы стабилизации плазмы относительно неустойчивостей, вызываемых высоким давлением, и открывает путь повышения эффективности термоядерного реактора на основе линейной системы, прямо зависящей от достижимой величины параметра бета. Полученные результаты будут использованы при реализации проекта установки ГДМЛ.

Серия экспериментов по исследованию удержания плазмы с высоким относительным давлением ($\beta > 0,8$) будет проведена с использованием модернизированной магнитной системы установки ГДЛ в ИЯФ СО РАН, позволяющей «сжать» энергетически плотную компоненту плазмы (быстрые ионы) в продольном направлении (рис. 14).

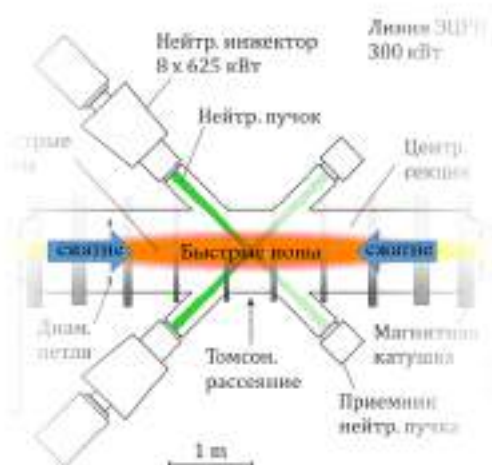


Рисунок 14. Область удержания быстрых ионов в центральной секции установки ГДЛ.

Расчетное увеличение диамагнетизма плазмы при реконфигурации магнитной системы составляет $\sim 30\%$. Кроме того, в экспериментах будет использован дополнительный ЭЦР-нагрев электронной компоненты плазмы мощностью до 1,2 МВт на частоте 54,5 ГГц, что согласно опыту предшествующих экспериментов, должно обеспечить дополнительное увеличение диамагнетизма на величину до 50%, в основном, за счет существенного увеличения времени удержания быстрых ионов.

РАБОТЫ НА КОМПЛЕКСЕ ГОЛ-3

Комплекс ГОЛ-3: общее описание.

В данном разделе отчета представлены работы, проводимые на нескольких электрофизических установках, входящих в комплекс ГОЛ-3. Первоначальная программа исследований быстрого коллективного нагрева плазмы сильноточным релятивистским электронным пучком (РЭП) и последующего удержания горячей плазмы в многопробочной магнитной ловушке была выполнена, поэтому, начиная с 2014-2015 годов, при поддержке субсидии Министерства образования и науки была проведена глубокая реконструкция экспериментальной базы с целью расширения тематик научных исследований и повышения эффективности работы.

Уникальные технические возможности установки ГОЛ-3 позволили существенно расширить область исследований по сравнению с первоначальными планами. В 2020 г. работы велись по следующим тематикам:

- 1) Физика пучково-плазменного взаимодействия;
- 2) Физика многопробочного удержания плазмы;
- 3) Воздействие мощных потоков электронно-горячей плазмы на материалы первой стенки вплоть до нагрузок, соответствующих большому срыву в токамаках реакторного класса;
- 4) Генерация электромагнитного излучения субтерагерцового диапазона в турбулентной плазме, нагреваемой электронным пучком;
- 5) Развитие технологии генерации мощных электронных пучков микросекундного и субмиллисекундного диапазона длительностей.

Работы по проекту ГОЛ-NB.

В настоящее время в ИЯФ им. Будкера СО РАН создается многопробочная ловушка нового поколения ГОЛ-NB с конфигурацией, моделирующей конфигурацию открытой ловушки реакторного класса с центральной ловушкой газодинамического типа и присоединенными к ней секциями с многопробочным магнитным полем – см. Рис. 1. Основной научной задачей ГОЛ-NB является прямая демонстрация подавления продольных потерь частиц и энергии из ловушки при помощи секций с многопробочным магнитным полем (часто такое поле называется гофрированным из-за характерной формы силовых линий). Магнитная конфигурация показана на Рис. 2. Многопробочное магнитное поле имеет три характерных продольных пространственных масштаба: период модуляции поля (длину элементарной ячейки многопробочной ловушки) l , полную длину системы $L = Nl$, где $N \gg 1$ – количество элементарных ячеек в многопробочной системе, и λ – длину свободного пробега ионов относительно рассеяния на угол порядка единицы.



Рисунок 1. Схема установки ГОЛ-NB в полной проектной конфигурации, вид сверху. Установка состоит из центральной ловушки, к которой присоединено два инжектора нейтральных пучков, двух многопробочных соленоидов и двух баков расширителей магнитного потока, в одном из которых расположен дуговой источник плазмы, а в другом – плазмодиригатор

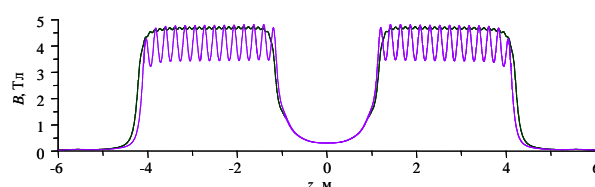


Рисунок 2. Расчетная зависимость магнитной индукции на оси установки ГОЛ-NB от продольной координаты для двух вариантов включения секций сильного поля: в соленоидальной (тонкая линия) и многопробочной (толстая линия) конфигурациях. График приведен для магнитной индукции в центре ловушки $B(0) = 0,3$ Тл

Если плазма является достаточно плотной и выполняется условие соразмерности $\lambda \sim l$, то многопробочная система удерживает плазму наиболее эффективно за счет силы трения, возникающей в каждой ячейке многопробочной системы при столкновениях и обмене импульсом и частицами между популяциями прелетных и локально-запертых частиц. В двух других предельных случаях, $\lambda \ll l$ и $\lambda \gg l$, многопробочное поле, согласно теории, должно слабо тормозить расширение плазмы.

Физической программой работ на установке ГОЛ-NB предполагается, что секции сильного поля могут включаться как в конфигурации длинного соленоида, так и в многопробочной конфигурации с $N = 13$. Проектная величина максимальной магнитной индукции составляет $B_{\max} = 4,5$ Тл в обоих режимах. Нагрев плазмы в ГОЛ-NB будет проводиться методом нейтральной инжекции с мощностью до 1,5 МВт.

Основной физической задачей проекта ГОЛ-NB в целом является прямое сравнение параметров плазмы в ловушке в соленоидальном и многопробочном режимах. Поэтому требуется обеспечить одинаковые параметры стартовой плазмы в этих конфигурациях. Параметры установки были выбраны таким образом, что условие $l \sim \lambda$ выполняется только на фазе нагрева плазмы нейтральными пучками. Ожидаемый эффект

от перехода в многопробочную конфигурацию является значительным.

В то же время на стадии первоначального накопления холодной стартовой плазмы в ловушке будет выполняться соотношение $\lambda \ll l$. Эксперименты по исследованию такого режима течения плазмы проводились на этапах 2018-2019 годов в стартовой конфигурации ГОЛ-NB, в которой отсутствовала центральная ловушка и одна из секций сильного поля.

Основными задачами этапа 2020 года являлись: улучшение эффективности формирования и транспортировки стартовой плазмы, монтаж установки в проектной конфигурации и развитие комплекса диагностик плазмы.

Начальное заполнение центральной ловушки стартовой плазмы со средней плотностью масштаба $n = (3 - 10) \times 10^{19} \text{ м}^{-3}$ является обязательным условием для успешного проведения эксперимента. В предварительных экспериментах было обнаружено, что даже в соленоидальной конфигурации наблюдается значительный спад плотности плазмы при ее транспортировке вдоль секции сильного поля. Поэтому в 2020 году были проведены работы по оптимизации формирования стартовой плазмы.

Плазменная пушка выполнена в виде аксиально-симметричной конструкции, формирующей поток плазмы из сильноточного электрического разряда, протекающего через рабочий газ – см. Рис. 3. Для равномерного распределения напряжения вдоль канала разряда и стабилизации дуги, вдоль разрядного промежутка размещены лимитеры под плавающим потенциалом. Электропитание пушки выполнено на формирующей линии (зарядка до 4 кВ) с временем разрядки 2 мс.

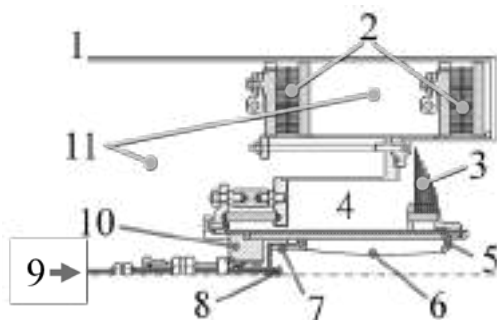


Рисунок 3. Геометрия плазменной пушки (показана верхняя половина). Обозначения: 1 – вакуумный корпус, 2 – катушки магнитного поля, 3 – защитные электроды, 4 – область вакуума, связанная с установкой, 5 – анод, 6 – огибающая апертур «плавающих» лимитеров, 7 – катод, 8 – поджигающий электрод, 9 – трубка напуска рабочего газа, 10 – проходной изолятор, 11 – области при атмосферном давлении

Одним из основных факторов, влияющих на устойчивое зажигание разряда в пушке, является достаточное количество газа в промежутке катод-анод. Одновременно количество напускаемого газа должно быть минимизировано для того, чтобы повысить газовую

эффективность системы и снизить концентрацию нейтрального газа в установке. Поэтому при оптимизации работы системы газонапуска в итоге вместо проектного промышленного клапана был использован более быстродействующий клапан разработки ИЯФ СО РАН.

Анализ поведения давления газа в системе показал, что в случае использования более быстрого клапана в течение разряда в установку напускается водорода на $\Delta N \approx 5 \times 10^{19}$ молекул меньше, что составляет достаточно большую величину в сравнении полным количеством генерируемых пушкой ионов. Это становится важным также для влияния этого газа на перезарядные и ионизационные потери из плазмы, а также на последующий транспорт плазмы вдоль магнитного поля. Разница в режимах работы была зарегистрирована по току насыщения двойного ленгмюровского зонда, быстрыми вакуумметрами и по фотографиям плазмы в видимом диапазоне. Избыточный газ, напускавшийся более медленным клапаном, проявлялся по уширению и более высокой яркости плазменного потока в области плазменной пушки, в оптимизированной системе гало было менее ярким – см. Рис. 4. Дополнительная стабилизация плазменного шнура осуществлялась при помощи многоэлектродного лимитера, выполненного из молибдена. Лимитер был смонтирован во входном расширителе в области сжатия плазменного потока перед входом в секцию сильного поля.

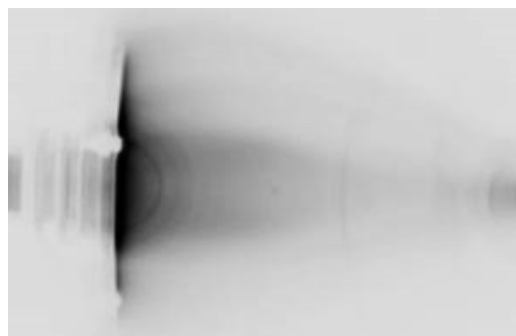


Рисунок 4. Фотография (негатив) свечения плазмы в области ее формирования

После монтажа лимитера и оптимизации режима работы плазменной пушки были исследованы основные функциональные зависимости от параметров эксперимента. Целевым параметром являлся ток насыщения двойного ленгмюровского зонда, который является показателем локального потока плазмы. Как видно из Рис. 5 и 6, эти зависимости близки к линейным в доступном диапазоне параметров эксперимента. Итогом работ по оптимизации системы создания стартовой плазмы стало четырехкратное увеличение потока стартовой плазмы на выходе из секции сильного поля – см. Рис. 7.

Завершение работ по оптимизации источника стартовой плазмы позволило начать монтаж полной конфигурации установки, приведённой на Рис. 1. На первом этапе стартовая конфигурация ГОЛ-NB была демонти-

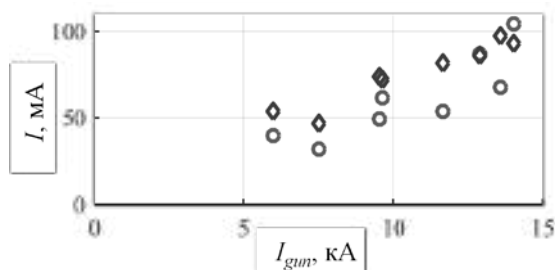


Рисунок 5. Зависимость среднего тока насыщения двойного ленгмюровского зонда от тока в плазменной пушке при $t = [1 - 1,5]$ мс и давлении в клапане 0,7 МПа. Ромбы – $z = 2,68$ м, кружки – $z = 3,8$ м

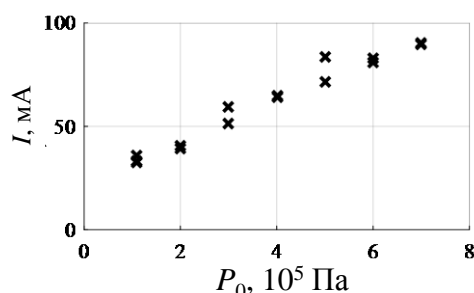


Рисунок 6. Зависимость среднего тока насыщения двойного ленгмюровского зонда на $z = 2,6$ м в интервале $t = [1 - 1,5]$ мс от давления над клапаном плазменной пушки. Ток катода пушки $\sim 9,5$ кА

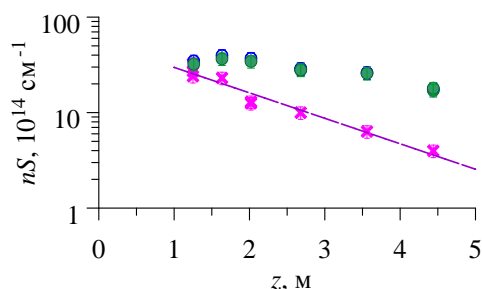


Рисунок 7. Зависимость количества ионов плазмы на единицу длины от координаты до (кресты) и после (кружки) оптимизации. Пунктир – подгонка экспоненциальной функции. Многопробочная конфигурация магнитного поля

рована практически полностью, за исключением левого бака расширителя с плазменной пушкой. После этого началась работа по сборке установки. Вакуумная камера центральной ловушки ГОЛ-NB является несущей. Непосредственно на ней смонтированы катушки магнитного поля, по камере также передаются механические усилия до 20 тонн, возникающие при включении магнитной системы. Все пять магнитных катушек центральной ловушки опираются непосредственно на посадочные плоскости камеры. Дополнительной юстировки не предусмотрено; необходимая точность магнитного поля достигается за счет соответствующей точности изготовления. Центральная ловушка была смонтирована на системе подвеса и состыкована с секциями сильного поля. Оба нейтральных инжектора были перемещены на проектное местоположение – см.

Рис. 8. Получен рабочий вакуум лучше 10^{-4} Па, после чего был начат этап магнитных испытаний.



Рисунок 8. Центральная ловушка и часть секции сильного поля. В правой части кадра – перезарядный бак нагревного инжектора № 2. Большое окно в камеру предназначено для модуля вакуумной откачки.

Одной из особенностей проекта ГОЛ-NB является большая плотность тока в катушках (до 250 А/мм^2), что многократно превышает рекомендуемую плотность тока для медных проводников. Поэтому питание катушек осуществляется импульсно, от секций емкостного накопителя с рабочим напряжением 4,5 кВ (максимальное напряжение 6 кВ). Вихревые токи, возбуждаемые в результате скин-эффекта в материале вакуумной камеры метрового диаметра (и особенно – в торцевых и промежуточных фланцах, местах крепления катушек и других подобных элементах) существенно ослабляют магнитное поле.

Отдельным видом работ, проводившихся в течение 2020 г., являлась подготовка методик измерения параметров плазмы. В частности, была разработана и смонтирована в центральной ловушке диагностика ослабления каждого из нагревных пучков. Данная система выполняет две задачи: она служит для настройки инжекторов и используется для контроля инжектируемой в плазму энергии. Параметры нагревного пучка нейтралов контролируются как на входе в центральную ловушку ГОЛ-NB, так и на выходе из нее – см. Рис. 9. Интенсивность пучка определяется по нагреву молибденовых проволочек диаметром 0,3 мм. Входной датчик содержит две проволочки, натянутые во взаимноперпендикулярных направлениях, а выходной датчик имеет 9 проволочек, ориентированных вдоль оси установки.

За отчетный период введена в эксплуатацию скоростная видеокамера VideoSprint, построенная на основе CMOS сенсора. В экспериментах со стартовой плазмой камера устанавливалась напротив окон вакуумной камеры в различных точках установки. В качестве примера работы диагностики на Рис. 10 представлена раскладка работы камеры, наблюдавшей область от плазменной пушки до входа в секцию сильного поля. В этом режиме межкадровый интервал со-

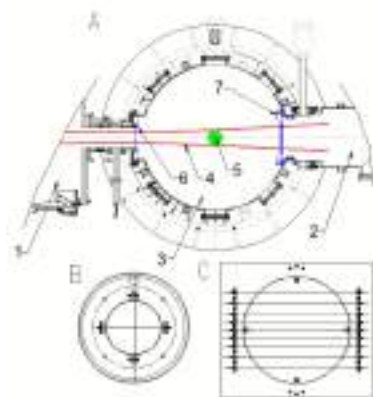


Рисунок 9. (А) Место установки диагностики ослабления нагревного пучка: 1 –инжектор, 2 – приемник пучка, 3 – центральная ловушка, 4 – огибающая пучка быстрых атомов водорода, 5 – плазма, 6 и 7 – входной и выходной датчики пучка; (В) и (С) – вид входного и выходного датчиков пучка

ставлял 200 мкс, размер изображения 1280×100 пикселей. Длительность работы пушки составляет 2 мс, и после ее завершения (кадр 13) видно, как светящаяся область уменьшается в размерах и затухает.

Другие диагностические системы, использовавшиеся в экспериментах на стартовой конфигурации ГОЛ-NB, включают следующее. Был создан набор датчиков для «холодного» эксперимента по изучению распространения геликонных волн на частоте 2,45 ГГц вдоль установки, который включал в себя подвижный штыревой зонд, измерявший радиальное электрическое поле на различных радиусах, аналогичный неподвижный зонд, измерявший поле у стенки вакуумной камеры, детекторные петли, помещаемые напротив окон на патрубках вакуумной камеры.

Для импульсных измерений давления газа была разработана диагностика на основе магниторазрядных ламп ПММ-46. Для использования таких ламп в установке ГОЛ-NB был сделан дополнительный лабиринт, закрывающий лампу от ультрафиолетовой засветки

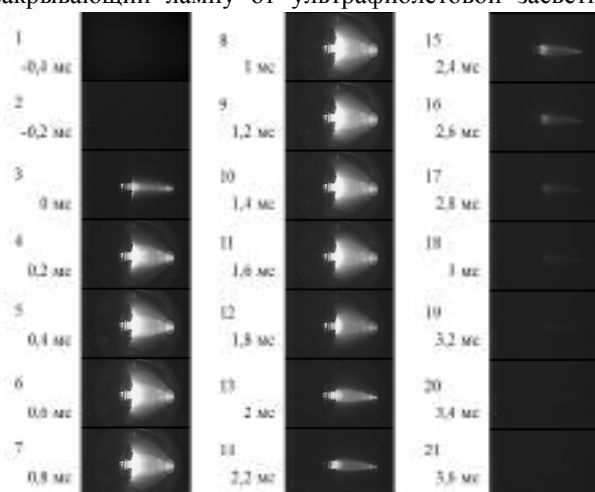


Рисунок 10. Раскадровка работы камеры, установленной на входном расширителе. Указаны номер кадра и время от старта плазменной пушки

плазмой, но не влияющий на транспорт газа. Было изготовлено электрическое сопряжение измерительного динода с системой сбора данных установки, основной функцией которого является защита электроники от электромагнитных наводок амплитудой до 1 кВ, возникающих в ходе эксперимента.

Главным результатом работ 2020 года является монтаж и запуск оборудования новой плазменной установки – многопробочной ловушки ГОЛ-NB – в полной конфигурации. В этой установке впервые реализуется сразу два подхода к улучшению времени жизни плазмы в открытых ловушках: она состоит из центральной ловушки газодинамического типа, которая является основной областью удержания и нагрева плазмы, и пристыкованных к ней секций сильного поля, которые могут включаться в соленоидальной либо в многопробочной конфигурациях. Данная конфигурация релевантна рассматриваемым в настоящее время проектам открытых ловушек реакторного класса. Основной научной задачей установки является прямая демонстрация подавления продольных потерь частиц и энергии при активации многопробочного режима работы секций сильного поля.

Эксперименты на стартовой конфигурации были завершены в 2020 году после достижения улучшенной транспортировки потока низкотемпературной стартовой плазмы через многопробочную систему.

Исследование пространственного распределения плотности мощности в потоке терагерцового излучения, генерируемого в режиме с малым количеством газа.

Эмиссия в пространство импульсного пучка миллиметрового и субмиллиметрового излучения на нескольких частотах при регистрации потока отраженного излучения с использованием матричного приемника позволяет визуализировать находящиеся в пространстве скрытые объекты с высоким пространственным разрешением и с высоким контрастом изображения. При этом для использования матричного приемника излучения необходимо обеспечить высокий уровень мощности в уходящем в пространство узконаправленном пучке излучения. В связи с этим большой практический интерес представляют исследования, направленные на генерацию мощных импульсов излучения в указанном диапазоне частот при релаксации сильноточного релятивистского электронного пучка (РЭП) в плазме. В предшествующие годы исследования по генерации импульсов мм- и субмм-излучения проводились на установках ГОЛ-3 и ГОЛ-3Т. В развитие этих исследований в соответствии с пунктом программы ФНИ «Тема № 14.1.3 Развитие физики удержания плазмы в многопробочной ловушке и физики мощных электронных пучков» (№ 0305-2019-0004) в ИЯФ была создана специализированная установка для генерации терагерцового излучения. Созданная установка

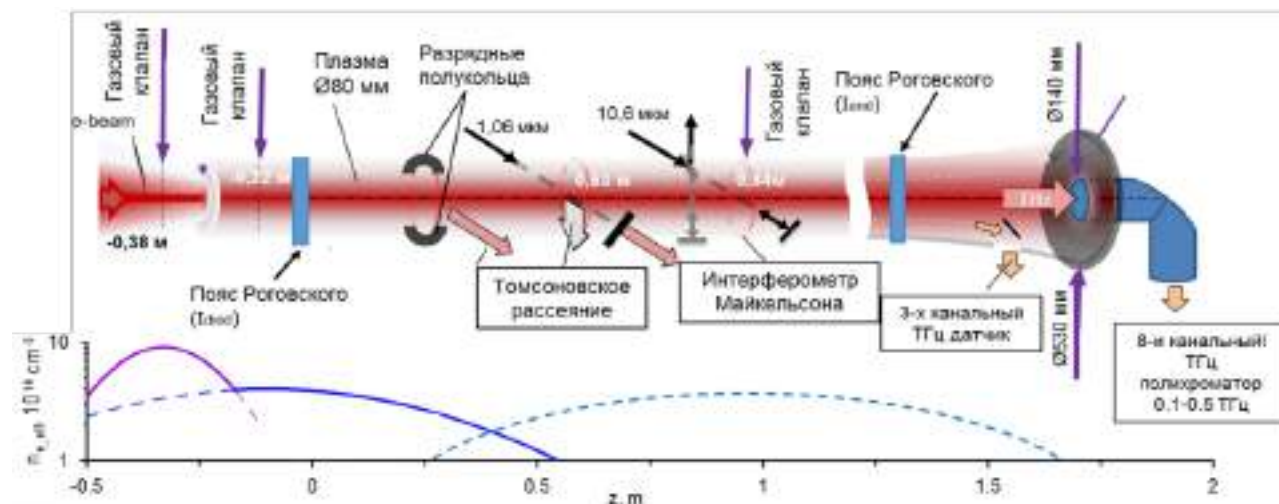


Рисунок 11. Схема экспериментов на установке ГОЛ-ПЭТ по генерации терагерцового излучения при варьировании распределения плотности в плазменном столбе.

обрела новые возможности для проведения уникальных экспериментов в принципиально новых условиях по параметрам пучка и плазмы. Новая установка получила название: ГОЛ-ПЭТ (Гофрированная Открытая Ловушка как Плазменный Эмиттер Терагерцового излучения).

В ходе экспериментов пучок с энергией электронов, которая варьируется в пределах 0.4-0.8 МэВ при плотности тока (2–4) кА/см², инжектируется с диаметром 4 см в плазменный столб диаметром 6 см. Плазменный столб формируется в результате развития высоковольтного пробоя (26 кВ, 22 кА) в импульсно напускаемом водороде и удерживается многопробочной магнитной ловушкой с индукцией 4,7 Тл. Плазменный столб имеет длину 250 см с плотностью, варьируемой в интервале (3·10²⁰ – 3·10²¹) м⁻³. На Рис. 11 представлена схема экспериментов, проводимых на установке ГОЛ-ПЭТ.

В 2020 году экспериментальные исследования были сосредоточены на измерении распределения плотности мощности по сечению потока излучения, выведенного из вакуумной камеры в атмосферу. Этот поток распространяется вдоль оси плазменного столба и выводится в атмосферу через фторопластовое окно диаметром



Рисунок 12. Размещение панели с неоновыми лампочками для визуализации сечения потока.

160 мм. Наряду с детекторами излучения, обеспечивающими измерение плотности мощности в локальной области сечения потока, его поперечное сечение визуализировалось по распределению свечения неоновых лампочек, смонтированных в виде матрицы на панели из материала, эффективно поглощающего излучение. Эти лампочки вспыхивают при величине плотности мощности излучения, превышающей пороговое значение.

Размещая панель с неоновыми лампочками на различном расстоянии от выходного окна, мы проследили эволюцию сечения потока излучения по мере его распространения в атмосфере на расстояние до 3 метров. Фотографии картины распределения свечения лампочек при различном расстоянии от окна до панели представлены на Рис. 13.

Снижение яркости свечения лампочек с увеличением расстояния мы объясняем понижением плотности мощности излучения, которое вызвано угловой расходимостью потока и некоторым поглощением потока в воздухе. Угловая расходимость потока была измерена в опытах по фокусировке излучения фторопластовой линзой и составила несколько градусов.

В результате экспериментов установлено, что при уровне генерируемой мощности не превышающем нескольких МВт, поток излучения, вышедший в атмосферу, имеет длительность 4 мкс, и его интенсивность не вызывает свечение неоновых лампочек. Когда же мощность в импульсном потоке поднимается до уровня десятка мегаватт, то реализуется яркое свечение лампочек в панели, но происходит укорочение длительности импульса потока в атмосфере до 1 мкс и ниже. Поскольку длительность импульса излучения, регистрируемого в вакуумной камере, остаётся на уровне 4 мкс, при указанной длительности импульса в атмосфере, то такое укорочение длительности объясняется ВЧ пробоем у поверхности выходного окна с вакуумной стороны.

Исходя из этого обстоятельства и достигнутых результатов, дальнейшее развитие исследований планируется сосредоточить на преодолении препятствий к

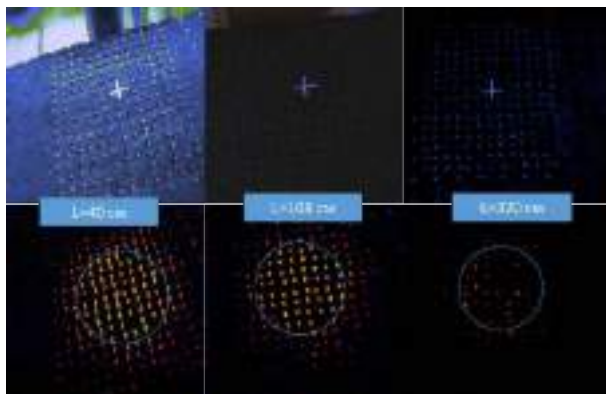


Рисунок 13. Фотографии свечения неоновых ламп в панели на различном удалении от выходного окна.

выводу в атмосферу потока излучения мощностью выше 10 МВт и на формировании из этого потока хорошо направленного пучка субмиллиметрового излучения.

Для изучения основных особенностей механизма развития пучковой неустойчивости и генерации ЭМ излучения в сильно неоднородной плазме, нами используется численное моделирование на основе метода частиц в ячейках (PIC). PIC-моделирование проводится при параметрах, которые реализованы в экспериментах на установке ГОЛ-ПЭТ. Эти расчеты реализованы как для однородного по сечению плазменного столба, так и с поперечным градиентом плотности. Из анализа результатов расчётов следует, что пространство развития пучковой неустойчивости в неоднородной плазме локализуется в области с пониженной плотностью с масштабом, сравнимым с длиной волны плазменных колебаний.

Пространственная структура и динамика повреждений вольфрама термическими ударами.

Вольфрам и сплавы на его основе в настоящее время считаются основным кандидатом для покрытия стенки рабочих камер будущих термоядерных реакторов в местах, наиболее напряжённых по тепловой нагрузке. В реакторах на основе токамаков такие напряжённые области находятся в диверторе, а наиболее опасными тепловыми воздействиями являются импульсные нагрузки миллисекундной длительности. Эти нагрузки связаны с периодическими выбросами плазмы из зоны её удержания вследствие плазменных неустойчивостей, развивающихся на краю зоны удержания – ЭЛМов (ELMs).

Для экспериментального моделирования импульсного теплового воздействия ЭЛМов на образцы из вольфрама (термических ударов) на установке БЕТА используется электронный пучок. Особенностью экспериментов на БЕТА является наличие диагностической системы, способной получать информацию о состоянии нагреваемой поверхности непосредственно во время процесса воздействия на неё мощного потока энергии. В 2020 году эксперименты проводились при

уровне нагрузки существенно меньше порога плавления вольфрама. В этих условиях основной процесс, приводящий к эрозии поверхности вольфрама, начинается с остаточных пластических деформаций нагретого тонкого поверхностного слоя вольфрама за время воздействия 0,3-1 мс. Остаточные пластические деформации, вследствие неоднородности вольфрама приводят к увеличению шероховатости первоначально полированной поверхности. Они легко диагностируются по динамике интенсивности рассеяния поверхностью излучения непрерывного лазера, а также после эксперимента с помощью оптического профилометра.

Результаты эксперимента показаны на Рис. 14. Здесь приведены пространственные профили температуры поверхности, измеренной пирометром в конце 0,35 мс импульса нагрева ($T_{измер}$), относительного увеличения остаточного уровня интенсивности рассеянного шероховатой поверхностью света (отн. $I_{расс}$) и профиль относительного возрастания шероховатости, измеренный позже вне рабочей камеры с помощью оптического профилометра (отн. R_a). Из-за того, что холодная основная часть материала позволяет расширяться нагретому тонкому слою преимущественно вверх, остаточная пластическая деформация в этом направлении приводит на стадии остывания к недостатку материала в слое и возникновению остаточных растягивающих механических напряжений. Эти напряжения при превышении порога прочности вольфрама могут приводить к его растрескиванию. Деформации кристаллической решётки вольфрама вблизи поверхности после эксперимента определялись по дифракции рентгеновского излучения. Это позволило независимо определить остаточные механические напряжения в приповерхностном слое после термических ударов, созданных электронным пучком. На Рис. 15 приведено распределение температуры, измеренной пирометром в конце 0,7 мс импульса нагрева ($T_{измер}$), а также его аппроксимация

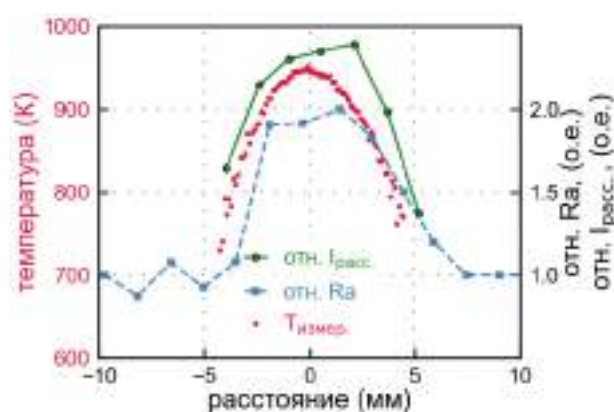


Рисунок 14. Сечения круговых профилей достигнутой в конце импульса нагрева температуры поверхности ($T_{измер}$), относительного увеличения остаточного уровня интенсивности рассеянного поверхностью света до растрескивания (отн. $I_{расс}$) и относительного возрастания шероховатости поверхности, измеренный вне рабочей камеры с помощью оптического профилометра (отн. R_a).

функцией Гаусса, параметры которой подобраны методом наименьших квадратов ($T_{\text{аппрокс.}}$). Здесь же приведен профиль остаточных механических напряжений, измеренных по дифракции рентгеновского излучения.

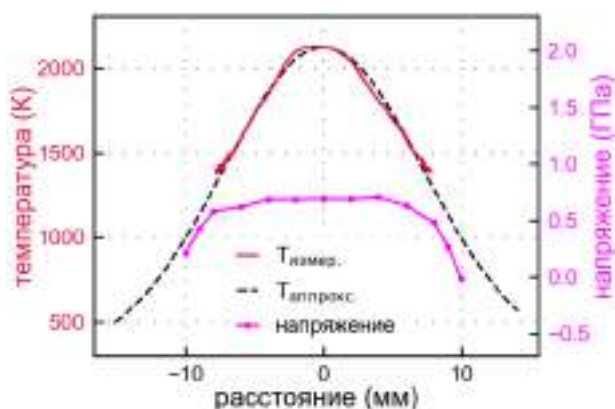


Рисунок 15. Сечения круговых профилей измеренной температуры поверхности ($T_{\text{измер.}}$), его аппроксимации функцией Гаусса ($T_{\text{аппрокс.}}$) и напряжений, измеренных по дифракции рентгеновского излучения вне рабочей камеры.

Профиль напряжений имеет характерный размер, близкий к размеру нагретой области поверхности вольфрамового образца, но при этом для распределения напряжений характерна более плоская вершина относительно профиля температуры. Максимальная величина напряжений оказалась близка к пределу прочности вольфрама. В данном образце растрескивание поверхности не произошло, хотя даже при меньших величинах уровня нагрева на других образцах растрескивание наблюдалось. Обычно растрескивание поверхности сопровождается неожиданно большой задержкой после окончания нагрева, обнаруженной нами ранее. Задержка составляла секунды и больше вместо ожидаемой задержки порядка миллисекунды. При этом обычно образуется сеть трещин за время, измеряемое единицами микросекунд, что соответствует звуковой скорости распространения сети трещин. Однако, при небольших уровнях нагрева могут образовываться трещины на отдельных небольших участках поверхности, и задержка между образованиями таких не пересекающихся трещин также может быть большой. Такой случай представлен на Рис. 16. Растрескивание регистрировалось видеокамерой, работающей со скоростью 3 кадра в секунду, и изображения показаны на рисунке.

На каждом кадре также кружками отмечено положение трёх каналов регистрации интенсивности рассеянного света, для отслеживания динамики растрескивания, показанной на следующем Рис. 17.

На Рис. 16 первый кадр, сделанный через 10 мс после начала импульса нагрева длительностью 0,35 мс, пока не показывает видимых трещин. На втором кадре появились две группы трещин, одна из которых попала в расположение канала 1 (средний кружок) и вызвала соответствующий сигнал. На снимке трещины видны в виде светлой структуры благодаря усиленному рассея-

нию подсвечивающего лазерного излучения на приподнятых краях трещин. На третьем кадре видна новая трещина, проходящая через местоположение канала 2 (верхний кружок).

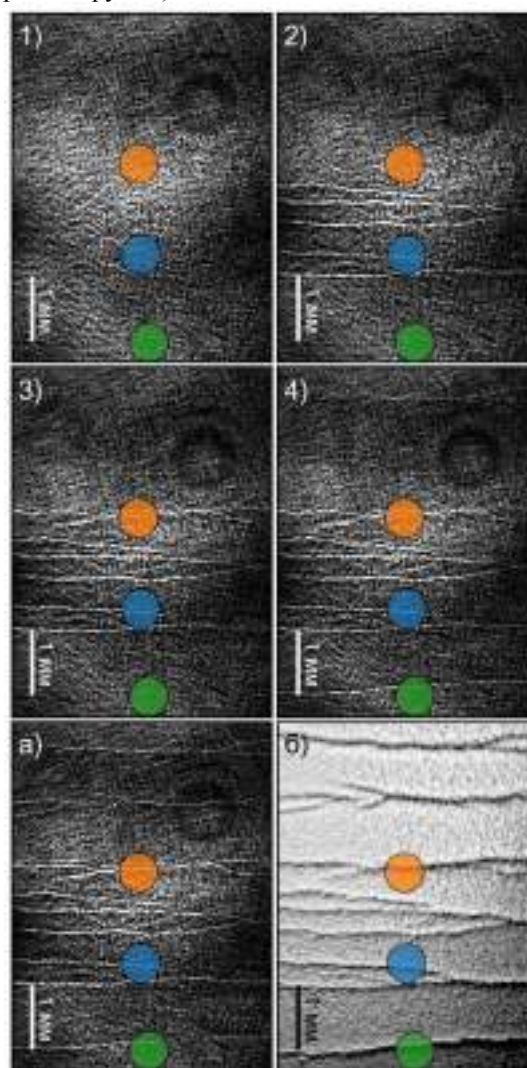


Рисунок 16. Изображения поверхности образца при подсветке излучением непрерывного лазера, полученные в различные моменты времени после начала нагревающего импульса длительностью 0,35 мс. Расчетное время получения изображения: 1) 10 мс, 2) 450 мс, 3) 840 мс, 4) 1180 мс, а) ~ 5 мин, б) 10 мин. Изображение б) было получено при освещении мишени лампой накаливания при выключенном лазере.

Четвертый кадр сделан вскоре после появления трещины, проходящей через место регистрации сигнала каналом 3 (нижний кружок). Кроме того, трещина, расположенная вне поля регистрации фотодиода, видна сверху. По завершении съемки, которая занимает 16 секунд, новые трещины не появляются, но на контрольном кадре, снятом примерно через 5 минут после импульса нагрева, была обнаружена еще одна трещина, видимая в верхней части кадра а) на Рис. 16. Все отмеченные снимки сделаны при лазерной подсветке. Кроме того, в конце эксперимента и с выключенным ла-

зером был сделан снимок с освещением лампой накаливания, когда система регистрации собирает свет, зеркально отраженный от образца. На этом изображении (б) отчетливо видна рельефная структура гребней, образовавшихся в результате подъема краев трещин. Динамика сигналов рассеяния, показывающих моменты растрескивания в указанных выше местах регистрации, показана на рисунке 4. Здесь представлены формы сигналов рассеянного излучения, демонстрирующие характерное ступенчатое увеличение сигналов, соответствующих растрескиванию, в различных пространственных точках на поверхности, отмеченных выше. Временная шкала на рисунке 17 построена в логарифмическом масштабе для времен, превышающих 10 мс. Время растрескивания указано на осциллограмме. Растрескивание начинается в канале 1 через 24 мс, затем продолжается в канале 2 через 650 мс, а последняя зарегистрированная трещина появилась в канале 3 через 1100 мс, все моменты отсчитываются от начала импульса нагрева. В следующем году планируется более детально исследовать динамику механических напряжений, вызванных термическими ударами.

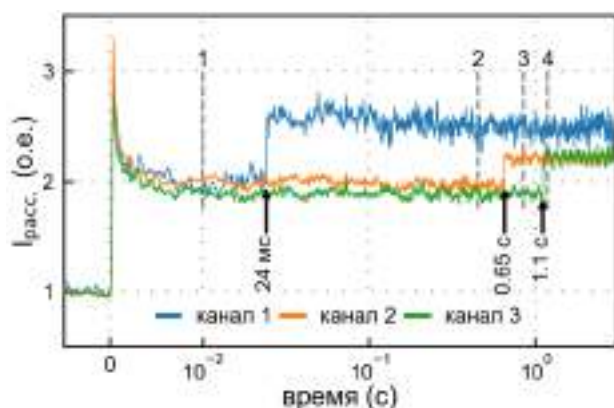


Рисунок 17. Динамика растрескивания на разных участках нагреваемой поверхности. Относительное расположение участков на поверхности образца, с которых регистрировалось рассеянное лазерное излучение, показано цветными кружками на Рис. 16. Номера соответствующих каналов обозначены в тексте и показаны на рисунке. Характерное скачкообразное увеличение интенсивности рассеяния свидетельствует о наличии трещин на соответствующих участках поверхности образца. Время растрескивания указано рядом с соответствующими ступенчатыми сигналами. Растрескивание начинается в канале 1 через 24 мс, затем продолжается в канале 2 через 650 мс, а последняя зарегистрированная трещина появилась в канале 3 через 1100 мс, все моменты отсчитываются от начала импульса нагрева. Временная шкала на рисунке является логарифмической, начиная с момента времени 10 миллисекунд. Пунктирными линиями на рисунке показаны моменты съемки ПЗС-камерой, кадры с которой приведены на Рис. 16.

Заключение по результатам работ на установках комплекса ГОЛ-3.

В 2020 году на установках комплекса ГОЛ-3 продолжались эксперименты, связанные с развитием физики и технологий, необходимых для разработки проекта открытой ловушки следующего поколения с термоядерными параметрами плазмы и ряда других приложений.

Выполнен монтаж и запуск оборудования новой плазменной установки – многопробочной ловушки ГОЛ-NB – в полной конфигурации. За счёт оптимизации газовых условий источника плазмы повышена эффективность формирования стартовой плазмы. Дополнительная стабилизация плазменного шнура осуществлялась при помощи многоэлектродного лимитера, выполненного из молибдена.

На установке ГОЛ-ПЭТ определены распределения плотности мощности по сечению потока излучения, выведенного из вакуумной камеры в атмосферу. Угловая расходимость потока была измерена в опытах по фокусировке излучения фторопластовой линзой и составила несколько градусов.

Эксперименты на установке БЕТА проводились при уровне нагрузки существенно меньше порога плавления вольфрама. В этих условиях основной процесс, приводящий к эрозии поверхности вольфрама, начинается с остаточных пластических деформаций нагретого тонкого поверхностного слоя.

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ПЛАНАРНОГО ДВУХСТАДИЙНОГО ГЕНЕРАТОРА С КОЛЬЦЕВЫМ РЕЗОНАТОРОМ

Создание мощных импульсных источников миллиметрового и субмиллиметрового излучения с мощностью в 10-100 МВт является одной из актуальных задач современной науки и технологии. Потребность в таких источниках обусловлена рядом фундаментальных задач и практических приложений в таких областях как физика плазмы, фотохимия, биофизика, новые системы локации и т.д. Наибольшие значения непрерывной мощности излучения в мм диапазоне ~1МВт и субмиллиметровом диапазоне ~10 кВт получены в настоящее время с помощью гиротронов. Однако для некоторых приложений важна существенно более высокая импульсная мощность излучения, которая может быть достигнута в релятивистских мазерах, основанных на доплеровском преобразовании частоты и использующих сильноточные килоамперные электронные пучки релятивистских электронов. Целью проводимых нами исследований является создание принципиально новых источников когерентного электромагнитного излучения в мм- и субмм- диапазонах с высоким уровнем выходной мощности на основе сильноточных релятивистских электронных пучков.

В ИЯФ СО РАН (Новосибирск) совместно с ИПФ РАН (Нижегород) предложен и активно реализуется оригинальный подход к решению задачи генерации мегаваттных импульсов когерентного миллиметрового и субмиллиметрового излучения с помощью мазеров на свободных электронах (МСЭ) планарной геометрии, которые накачиваются сильноточными релятивистскими электронными пучками ленточной геометрии. Отличительной особенностью такого решения является применение механизма распределенной обратной связи, реализуемого с помощью двумерных брэгговских структур, обеспечивающих высокий уровень когерентности излучения даже в случае, когда один из поперечных размеров генератора на порядок величины превышает длину волны излучения.

Данный подход делает возможным генерацию излучения высокой импульсной мощности в субмиллиметровом диапазоне вплоть до терагерцового с помощью применения двухстадийной схемы планарного МСЭ-генератора, основанного на использовании двух параллельных электронных пучков ленточного сечения. Для реализации двухстадийной схемы получения излучения в области ~1 ТГц на установке ЭЛМИ (ИЯФ СО РАН) используются два указанных пучка, генерируемых одновременно в одном диоде ускорителя.

Начиная с 2019 и по настоящее время нами изучается двухстадийная схема генерации ТГц-излучения с применением внутрирезонаторного рассеяния на основе генератора излучения с кольцевым резонатором (см. Рис.1).

Этот резонатор образован четырьмя одномерными брэгговскими дефлекторами, которые поворачивают

направление распространения потока излучения на угол 90° с высокой эффективностью строго в малой окрестности частоты брэгговского резонанса. Построенная на таком принципе электродинамическая система генератора позволяет, с одной стороны, реализовать режим узкополосной генерации мощной мм-волны накачки на первом ленточном пучке, распространяющемся в условиях статического ондуляторного поля, а с другой стороны, направить эту волну во вторую секцию резонатора для накачки ВЧ-ондулятора. В этой секции волна накачки рассеивается в ТГц-излучение на втором ленточном электронном пучке. В ходе расчетов электродинамических свойств такого кольцевого резонатора установлено, что в нём реализуется брэгговское отражение в узком интервале частот и это гарантирует высокую селективность мод по продольному индексу. Важная особенность этой схемы состоит в том, что в поле накачки отсутствует волна, попутная пучку релятивистских электронов, что существенно улучшает условия для генерации ТГц-излучения из-за отсутствия низкочастотных осцилляций этих электронов. Применение кольцевого брэгговского резонатора для бегущей волны позволит провести эксперименты по генерации излучения на обоих последовательных стадиях. На первой стадии, одним из пучков генерируются колебания на частоте 75 ГГц с мощностью в несколько десятков МВт. Далее на второй стадии, эти электромагнитные колебания с помощью внутрирезонаторного рассеяния на другом пучке перекачиваются в область частот в окрестности 1 ТГц с выходной мощностью ~1МВт.

В течение 2020 года в рамках подготовки экспериментов по генерации ТГц-излучения в двух-стадийном генераторе на основе кольцевого резонатора нами была выполнена компьютерная оптимизация геометрии электронно-оптической системы ускорителя ЭЛМИ. Эта оптимизация заключалась в подборе формы катода, эмитирующего два ленточных пучка, а также величины катод-анодного промежутка с целью достижения приемлемого для генерации излучения углового разброса электронов пучка внутри ТГц-генератора при заданной величине плотности тока пучка. Полученное в 3D моделировании посредством пакета CST Studio Suite распределение макрочастиц в пучке по питч-углам электронов представлено на Рис. 2. Как видно из рисунка среднеквадратичный разброс электронов пучка составляет около 0.06 рад, что достаточно для эффективной генерации излучения в двух-стадийном генераторе.

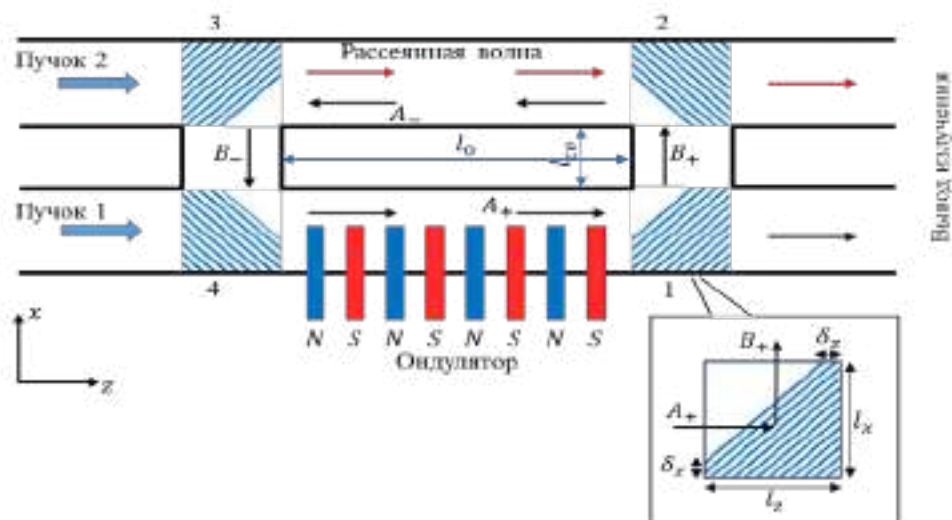


Рисунок 1. Схема двухстадийного планарного ЛСЭ на основе кольцевого брэгговского резонатора (дефлекторы 1 – 4) и двух параллельных ленточных пучков, формируемых ускорителем ЭЛМИ. Более детальная схема одной из возможных форм поверхности брэгговского дефлектора, на которой наносится гофрировка, показана на выноске.

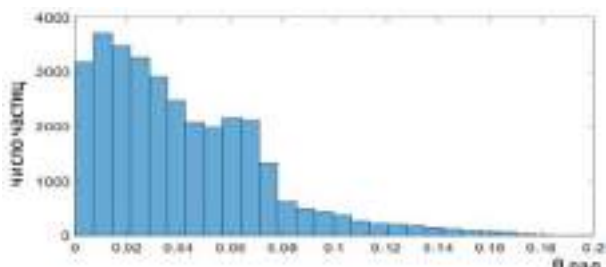


Рисунок 2. Распределение плотности электронов пучка по питч-углу, полученное в моделировании.

Для измерения функции распределения электронного пучка по углам в экспериментах по транспорти-

ровке пучка в канале ТГц-генератора нами использовался датчик углового разброса на основе соосных кольцевых коллекторов. В ходе экспериментов были получены токи с коллекторов датчика, с помощью которых путем решения обратной задачи была восстановлена функция распределения электронов по углам. Пример осциллограмм напряжения на диоде, полного тока двух ленточных пучков, а также токов с первой по седьмой коллекторов датчика представлены на Рис. 3. Восстановленная функция распределения электронов пучка по углам вместе с ошибкой восстановления, изображенной в виде полосы событий, представлена на Рис. 4.

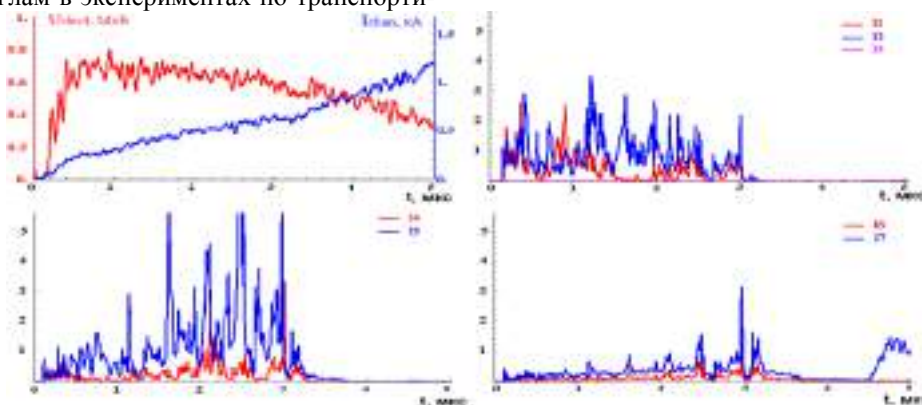


Рисунок 3. Осциллограммы напряжения на диоде $U_{diод}$, суммарного тока двух пучков I_{chan} , и токи с коллекторов датчика углового разброса I1-I7.

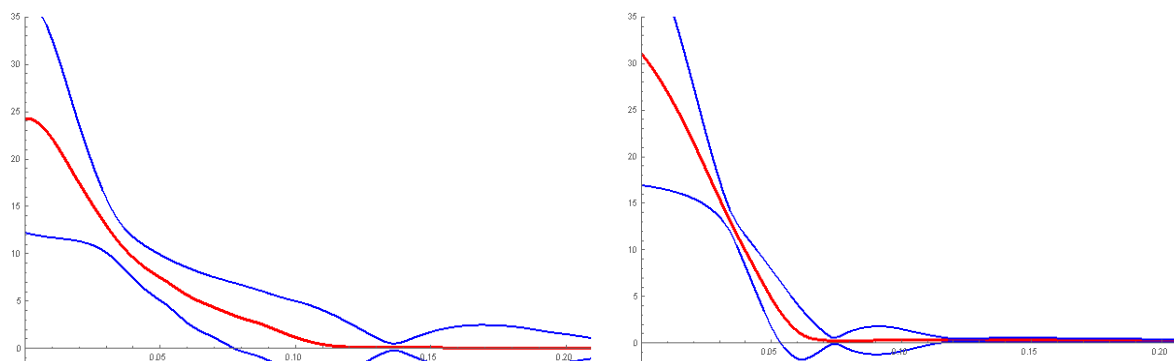


Рисунок 4. Восстановленная в эксперименте функция распределения скоростей электронов по углу по центру (слева) и на краю ленточного сечения пучка (справа).

Помимо оптимизации диода ускорителя в текущем году было закончено изготовление основных элементов полномасштабного двухстадийного генератора ТГц-излучения. Фотография изготовленного коллектора пучка с окном для вывода излучения и присоединительными патрубками для вакуумной откачки представлена на Рис. 5.



Рисунок 5. Распределение плотности электронов пучка по питч-углу, полученное в моделировании

Результаты исследований за 2020г.

1. Проведена отработка технологии изготовления кольцевого резонатора, которая основана на использовании фотолитографии для нанесения рисунка брэгговской структуры на плоскую металлическую поверхность с последующей процедурой травления этой поверхности по этому рисунку.
2. На основе 3D моделирования оптимизирована электронно-оптическая система ускорителя ЭЛМИ. Измерены угловые характеристики полученного ленточного электронного пучка.
3. Закончено изготовление и проведена подготовка к экспериментам основных элементов полномасштабного двухстадийного генератора ТГц-излучения.

РАБОТЫ НА ЛОВУШКЕ С ГЕЛИКОИДАЛЬНЫМ ПОЛЕМ СМОЛА

Введение.

Для улучшения энергетического времени жизни плазмы и повышения термоядерной эффективности открытых ловушек следующего поколения была предложена концепция подавления продольных потерь из открытой ловушки газодинамического типа за счёт динамического многопробочного удержания винтовыми пробками с управляемым вращением плазмы. Теоретически предсказана экспоненциальная зависимость эффективности подавления потерь от длины участка с винтовым полем, приводящая к существенному повышению эффективного пробочного отношения в открытой ловушке.

Проверка данной концепции проводится на установке СМОЛА в ИЯФ СО РАН. Схема установки приведена на рисунке 1. Основной частью установки является уединённая винтовая пробка, содержащая 12 периодов винтового поля. Соотношение винтовой и продольной компонент магнитного поля в винтовой секции может быть произвольно изменено. Вращение плазмы задаётся за счёт создания контролируемого профиля радиального электрического поля. Система создания радиального электрического поля схожа с системой вихревого удержания плазмы в ГДЛ и может быть также использована для стабилизации плазменного шнура. Плазма запирается между указанной «уединённой пробкой» и источником плазмы, расположенном в локальном максимуме поля. Эффективность предложенной концепции может быть определена по изменению параметров плазмы вдоль винтовой секции

в различных режимах магнитного и электрического поля. В эксперименте используется плазма со следующими характерными параметрами: концентрация $n_i = (0,1-1) \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$, температуры ионов и электронов $T_i = 4 \text{ эВ}$ и $T_e = 25-40 \text{ эВ}$ соответственно, радиус плазмы $r \sim 5 \text{ см}$, ведущее магнитное поле в винтовой секции $B = 40-160 \text{ мТл}$, период винтового поля 18 см.

Ранее была показана принципиальная возможность подавления потока плазмы винтовой магнитной пробкой и соответствие экспериментальных скейлингов теоретическим оценкам при ведущем магнитном поле $B_{\text{max}} \approx 70 \text{ мТл}$ в области малой глубины гофрировки ($R_{\text{mean}} < 1,5$) и низкой скорости вращения плазмы. В 2020 году за счёт повышения уровня автоматизации эксперимента предельный темп накопления экспериментальной статистики был повышен до ~ 200 разрядов в день, была повышена повторяемость разрядов и улучшено пространственное разрешение измерения основных параметров плазмы. Были проведены детальные измерения зависимостей скорости вращения плазмы от параметров разряда. За счёт снижения радиальных коэффициентов переноса, достигнутого в результате выполненной в 2019 году модификации источника плазмы, было повышено радиальное электрическое поле, что позволило увеличить скорость вращения в указанных режимах с $\omega \sim (0,3-0,4) \times 10^6 \text{ с}^{-1}$ до $\omega \sim (1,0-1,2) \times 10^6 \text{ с}^{-1}$. Начата серия экспериментов, направленная на детальное изучение потоков плазмы в транспортной секции с винтовым полем при высокой скорости вращения и умеренной глубине гофрировки ($R_{\text{mean}} < 1,35-1,7$). Особенностью данной серии является изменение плотности плазмы в широких пределах, отвечающих варьированию отношения длины свободного пробега иона к периоду винтового поля в диапазоне $\lambda/l = 1-8$. Завершение серии и детальная обработка экспериментальной статистики запланированы на 2021 год.

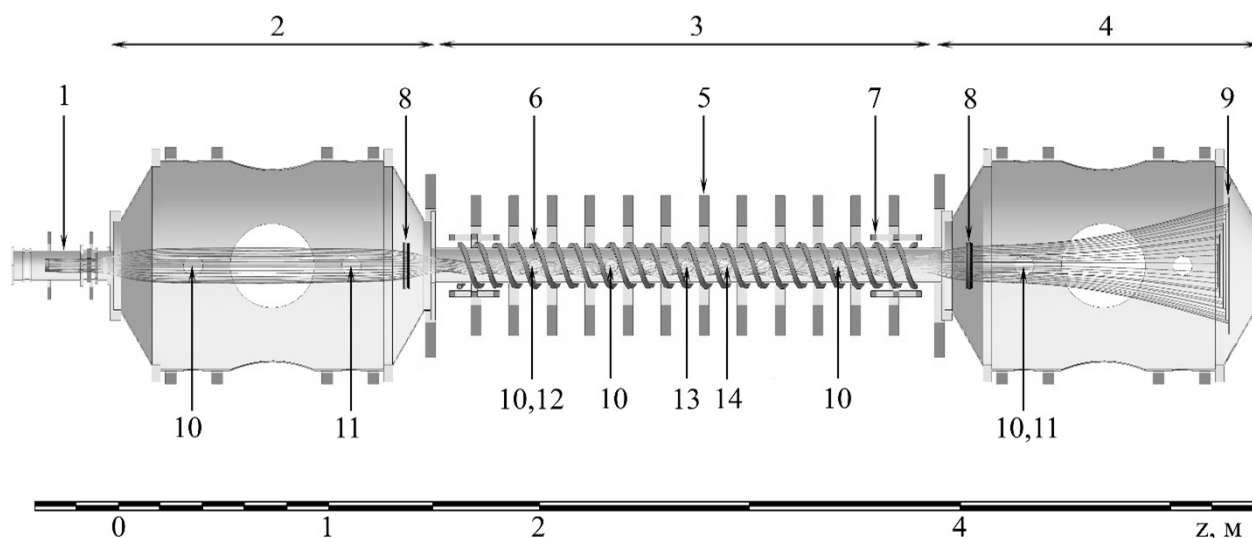


Рисунок 1. Схема установки СМОЛА с используемыми диагностиками. 1 – источник плазмы, 2 – входной расширитель, 3 – транспортная секция, 4 – выходной расширитель, 5 – прямой соленоид, 6 – винтовая обмотка, 7 – катушки коррекции, 8 – лимитер, 9 – приёмник плазмы, 10 – двойной зонд, 11 – доплеровский спектрометр, 12 – УФ-фотодиод, 13 – магнитный зонд, 14 – зонд Маха

Определение зависимости скорости вращения плазмы от параметров разряда.

Измерение скорости плазмы путем определения доплеровского сдвига спектральной линии излучения Na осуществляется с помощью пространственно разрешающих спектрометров на базе монохроматоров МДР-12 и МДР-23 в координатах $z = 1,15$ м и $z = 4,34$ м. В плазменной струе существует две фракции атомов: Франк-Кондоновские атомы с энергией 1–2 эВ, образованные в результате диссоциации молекул водорода и возбужденные нейтральные атомы, возникшие в процессе рекомбинации, с энергией около 5 эВ. В результате при достаточно большой линейной скорости на периферии плазмы должны наблюдаться как линия смещенная вследствие вращения линия излучения возбужденного нейтрального водорода и несмещенная линия излучения Франк-Кондоновских атомов.

Наряду с оптической диагностической системой для определения скорости вращения плазмы применялась диагностика локальных возмущений азимутального магнитного поля. В центральной секции установки $z = 2,76$ м расположена многоканальная магнитная диагностика, состоящая из 12 абсолютно калиброванных азимутальных зондов, распределенных по азимутальной координате и отстоящих на $R = 7$ см от оси установки. Первая мода магнитных возмущений может быть ассоциирована со смещением тока от центральной оси установки. Вращению токовых возмущений с постоянной угловой скоростью отвечает линейный рост фазы возмущения со временем. Сравнение результатов синхронных измерений линейной скорости движения плазмы и скорости вращения магнитных возмущений в различных областях установки позволяет сделать вывод о наличии либо отсутствии продольной неоднородности угловой скорости вращения плазмы.

В описываемых экспериментах по данным спектральной диагностики скорость вращения составляет $\omega = (0,9–1,1) \times 10^6 \text{ c}^{-1}$ и $\omega = (0,6–0,8) \times 10^5 \text{ c}^{-1}$ в входном и выходном расширителях соответственно (Рисунок 2). Угловая скорость вращения остаётся постоянной в течение всей стационарной фазы разряда. Скорость вращения 1 моды магнитных возмущений в транспортной секции близка к скорости вращения плазмы в выходном расширителе, что делает возможным также ассоциировать их с вращением плазмы.

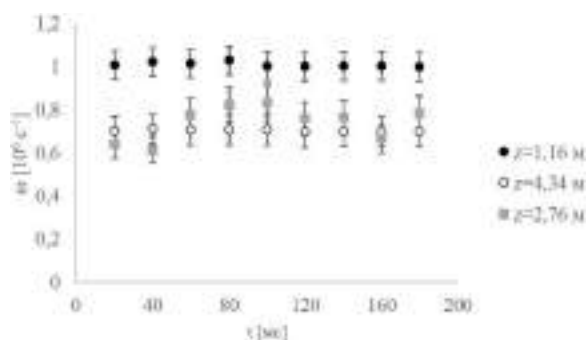


Рисунок 2. Зависимость угловой скорости вращения плазмы от времени.

Постоянство скорости вращения позволяет повысить соотношение сигнал/шум и точность обработки изображений спектральных линий, увеличивая выдержку при измерении спектров либо усредняя значение скорости вращения плазмы по нескольким снимкам, полученным за один разряд.

Наиболее выраженные изменения угловой скорости вращения были получены при варьировании плотности плазмы. Плотность регулировалась изменением потока нейтрального водорода, подаваемого в разрядную область источника плазмы (Рисунок 3), который составлял $F = (6–42) \times 10^{19}$ атом/с. Нижняя граница данного диапазона соответствует плотности плазмы $n \approx 0,8 \times 10^{18} \text{ м}^{-3}$, верхняя граница — плотности $n \approx 4 \times 10^{18} \text{ м}^{-3}$ в координате $z = 0,4$ м.

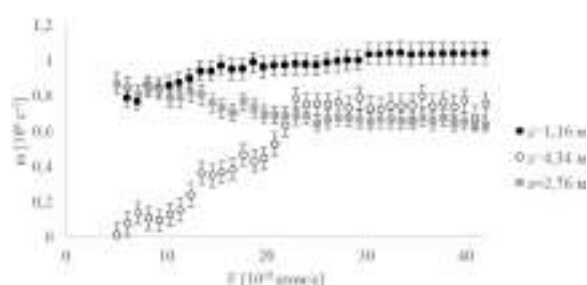


Рисунок 3. Зависимость угловой скорости вращения плазмы от потока газа, напускаемого в разрядный промежуток источника плазмы

Экспериментально получены разные зависимости скорости вращения плазмы от напускаемого газа в плазменную пушку во входном и выходном расширителях. Угловая скорость вращения на входе медленно увеличивается в диапазоне $\omega = (0,8–1,0) \times 10^6 \text{ c}^{-1}$, в то время как на выходе мы можем наблюдать более быстрый рост от $\omega = 0$ до $\omega = 0,8 \times 10^6 \text{ c}^{-1}$, после чего угловая скорость выходит на плато. При $F \approx 27 \times 10^{19}$ атом/с достигается предел по скорости вращения как во входном, так и в выходном расширителях, поэтому данная величина потока была принята в качестве нижней границы оптимального диапазона по вращению плазмы. Скорость вращения магнитных возмущений в транспортной секции установки изменяется слабо и является промежуточной между скоростями вращения, определёнными с помощью спектроскопии.

Была проведена серия экспериментов, направленная на получение зависимости скорости вращения плазмы от амплитуды магнитного поля (Рисунок 4). Во входном расширителе по-прежнему наблюдаем одинаковую скорость вращения на уровне $\omega \sim 10^6 \text{ c}^{-1}$ вне зависимости от величины ведущего магнитного поля. В выходной части установки регистрируется снижение скорости с $\omega \sim 0,8 \times 10^6 \text{ c}^{-1}$ до $\omega \sim 0,5 \times 10^6 \text{ c}^{-1}$ при увеличении магнитного поля от 50 до 155 мТл.

На данном этапе можно сделать вывод о том, что во входном расширителе мы достигаем угловой скорости вращения $\sim 10^6 \text{ c}^{-1}$, которая является пределом для исследованного диапазона экспериментальных параметров. При данной скорости твердотельного вращения

плазмы с радиусом 7 см максимальная линейная скорость составляет $v \approx 7 \times 10^6$ см/с. Исходя из оценок предполагается, что ограничением может служить достижение ионно-звуковой скорости на периферии плазмы, вызывающее развитие неустойчивости, увеличение эффективной поперечной проводимости и соответствующее снижение электрического поля в плазме.

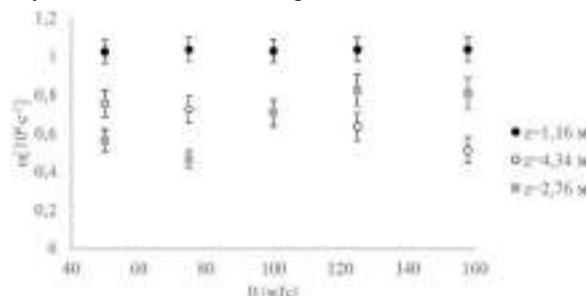


Рисунок 4. Зависимость угловой скорости вращения плазмы от величины ведущего магнитного поля.

Изучение потоков плазмы в транспортной секции с винтовым полем.

Проводилось сравнение течения плазмы в различных магнитных конфигурациях: при прямом либо винтовом магнитном поле. Детальное измерение радиальных распределений плотности потока плазмы производилось набором электростатических зондов, распределённых по длине установки.

Включение винтовой компоненты магнитного поля приводит к существенному (до 1,6 раза) росту плотности в области удержания (Рисунок 5). Поток в выходной части транспортной секции и в выходном расширителе существенно снижается с ростом глубины гофрировки и при $R_{\text{mean}} = 1,7$ падает ниже детектируемого уровня. В центральной части транспортной секции происходит сужение плазменной струи. Наблюдается существенный рост плотности потока плазмы, направленного от выхода транспортной секции к области удержания. Наиболее выраженный рост плотности обратного потока наблюдается в приосевой области плазменного шнура. При максимальной глубине гофрировки плотность данного потока локально превосходит плотность потока в прямом направлении (от источника к выходному плазмодриёмнику). Указанные процессы качественно согласуются с теоретическими предположениями о динамике частиц при винтовом удержании.

Заключение.

В 2020 году на установке СМОЛА проведена автоматизация процесса сбора экспериментальной статистики. Были проведены детальные измерения зависимостей скорости вращения плазмы от параметров разряда. Определён режим работы источника плазмы, отвечающий угловой скорости плазмы до $\omega \sim (1,0-1,2) \times 10^6$ с⁻¹. Показано постоянство скорости вращения

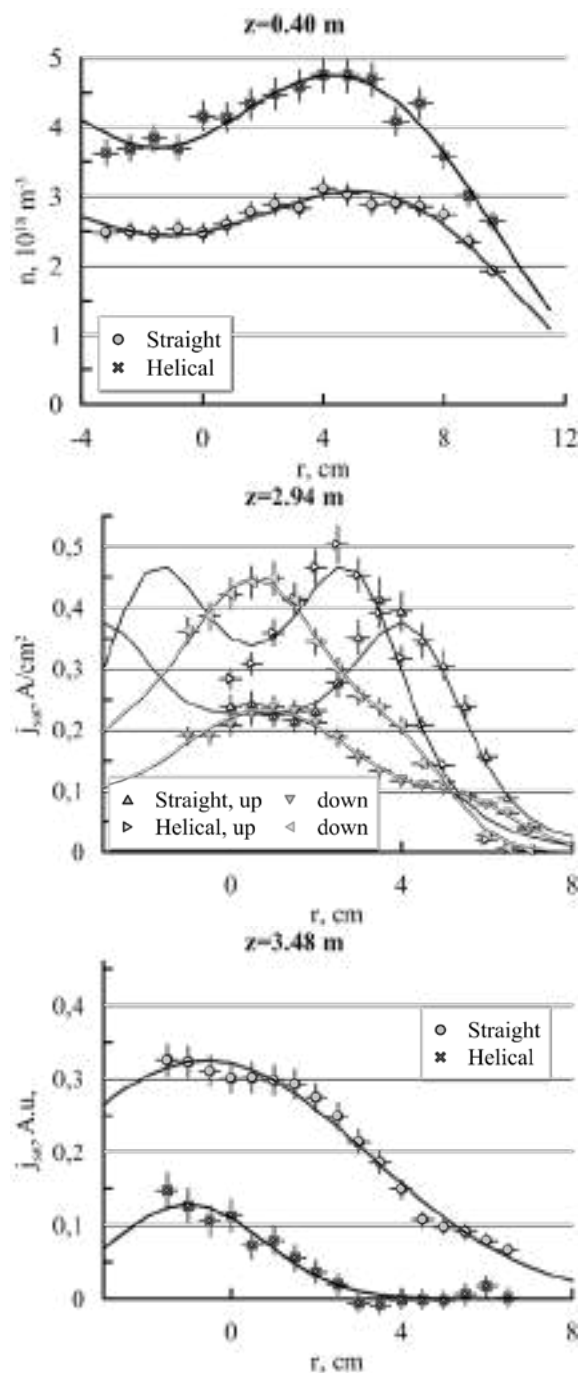


Рисунок 5. Радиальные профили плотности и плотности потока плазмы в области удержания, середине транспортной секции и на выходе из неё.

в течение всей длительности разряда. Начата серия экспериментов, направленная на детальное изучение потоков плазмы в транспортной секции с винтовым полем при высокой скорости вращения и умеренной глубине гофрировки при различной длине свободного пробега ионов относительно кулоновских столкновений. Завершение серии и детальная обработка экспериментальной статистики запланированы на 2021 год.

Работы выполнялись в рамках проекта РНФ 14-72-10080, темы 14.1.3 Плана научно-исследовательских работ.

РАБОТЫ ДЛЯ ИТЭР

С 2013 года институт ведет работы в рамках проекта ИТЭР. ИЯФ СО РАН интегрирует и затем изготовит четыре диагностических порт-плага ИТЭР, разрабатывает и изготовит элементы трех российских диагностических систем для определения параметров плазмы в международном термоядерном реакторе ИТЭР, который строится на юге Франции.

Интеграция диагностических порт-плагов и подготовка сборочной площадки.

Институт продолжает работы по интеграции четырех диагностических порт-плагов ИТЭР: экваториального порта №11 (ЭП-11), верхних портов №02, 08 и 07. Задача разместить системы диагностики и управления плазмы в портах ИТЭР оказалась очень сложна из-за сложных предъявляемых к системе требований. Скомпоновать в тесном пространстве набор сложных систем, защитить их от сильного радиационного фона, обеспечивая возможность обслуживания и ремонта систем с помощью как роботов, так и людей (что резко ужесточает требования по активации порта после остановки реактора), согласовывая все изменения с десятком заинтересованных сторон в разных странах – непростая работа, поэтому некоторые согласования оказались затянуты относительно исходных планов интеграции ЭП-11.

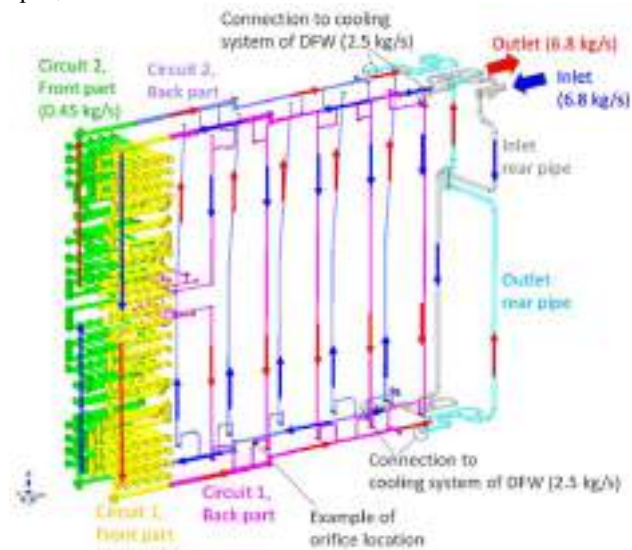


Рисунок 1. Схема водяных каналов в ДЗМ №2 экваториального порта № 11 ИТЭР. В рабочем режиме вода должна охлаждать системы порта во время работы реактора, а в режиме прогрева вакуумной камеры – наоборот, протекающая горячая вода должна прогреть все вакуумные элементы порт-плага.

Институтом совместно с Организацией ИТЭР было продолжено проектирование диагностических портов используя единый «модульный» дизайн и макетирование отдельных элементов в поддержку данного подхода. В 2020 году проводились доработка финального

проекта и различные инженерные расчеты систем экваториального порта №11 с задачей доказать соответствие заданным проектным требованиям и начать 2021 году производство элементов данного порта.

Для верхних портов проводилась доработка предварительных проектов портов, в том числе интеграция фланцев на гермоплите.

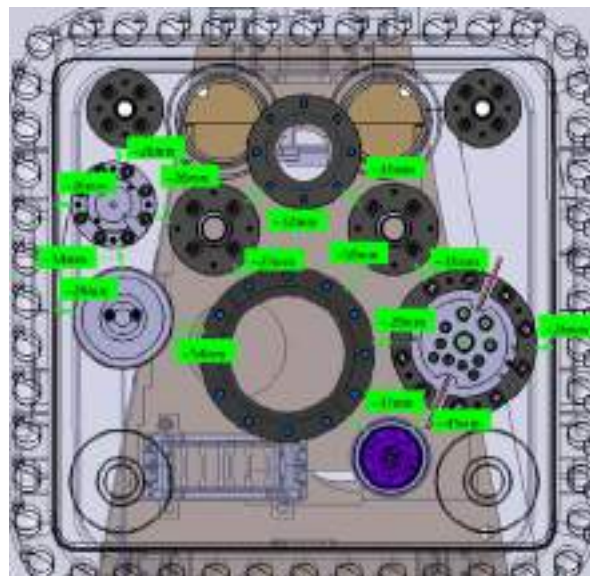


Рисунок 2. Гермоплита порт-плага Верхнего порта № 08 ИТЭР с отверстиями и фланцами. Задача интегратора – разместить в ограниченном пространстве все необходимые патрубки, чтобы затем все их можно было изготовить, приварить и собрать.

В рамках модульного подхода к радиационной защите были продолжены эксперименты по тестированию блоков из керамики из карбида бора. Был продолжен длительный эксперимент по измерению удельного газовыделения керамики при нахождении в вакууме более года. Было показано, что газовыделение снижается более чем в 3 раза.

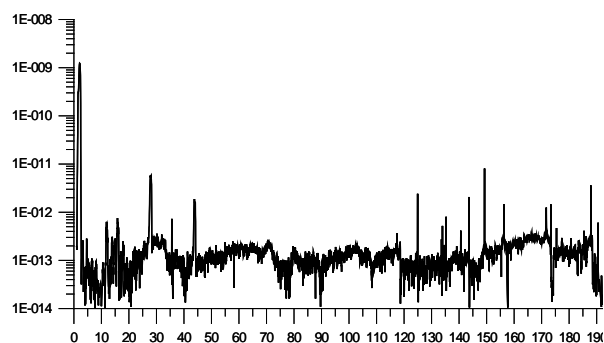


Рисунок 3. Спектр остаточных газов спеченной керамики карбида бора (при температуре 100 °C) после 1 года в вакууме.

Согласно требованиям ИТЭР уровень натекания примесей в вакуумный объем от образцов при температуре 100 °C должен быть не более $1 \cdot 10^{-7}$ Па·м³·с⁻¹·м⁻² для водорода и не более

$1 \cdot 10^{-9}$ Па·м³·с⁻¹·м⁻² для всех остальных примесей. Из-за того, что в портах ИТЭР для защиты будет размещено большое количество керамики, которую не планировали использовать на этапе концептуального проектирования, к керамике в 2020 году предъявили очень жесткие требования: газоотделение в вакуум ниже $1,0 \cdot 10^{-8}$ Па·м³·с⁻¹·м⁻².

Было уточнено количество (40 тысяч) блоков керамики карбида бора, которые будут использоваться в экваториальном порту №11, а также была проведена переоценка полного газовыделения из экваториального порта №11 ($3,4 \cdot 10^{-5}$ Па·м³·с⁻¹). Данная оценка ниже предельного газовыделения порта, которое было установлено Вакуумной группой ИТЭР в ноябре 2020 года $5 \cdot 10^{-5}$ Па·м³·с⁻¹, что разрешает использовать данные объемы керамики для защиты диагностических портов.

На тандеме-ускорителе ВИТА для БНЗТ были проведены эксперименты по активации керамики карбида бора быстрыми и медленными нейтронами с флюенсом ($3,6 \cdot 10^{12}$ нейтронов/см²) близким к условиям внутри Диагностических защитных модулей диагностических портов вовремя DT разряда ИТЭР.

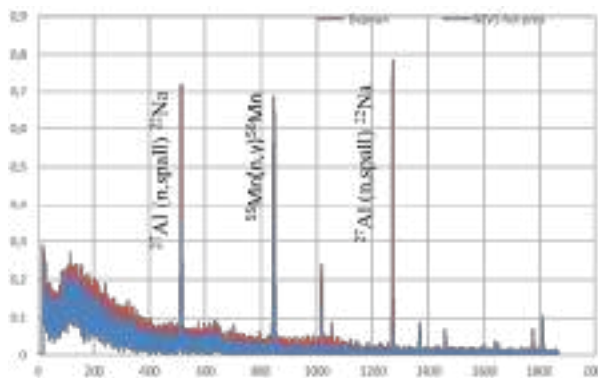


Рисунок 4. Гамма-спектры (горизонтальная ось в кэВ) образцов керамики карбида бора после облучения быстрыми нейтронами на тандеме-ускорителе ВИТА для БНЗТ.

Эксперименты показали, что керамика не содержит запрещенных для использования в ИТЭР элементов. В 2021 году планируется начать закупку блоков керамики для экваториального порта №11 у российских производителей.

В рамках подготовки к производству и сборке диагностик и портов ИТЭР были продолжены работы по дооснащению интеграционной площадки с большим помещением с жесткими требованиями к чистоте (класс ИСО 7 по ГОСТ Р ИСО 14644-1-2017).

Были закуплены системы грузоперемещения и очистки: кантователи порт-плагов и диагностических защитных модулей, специализированные траверсы.

В рамках подготовки к началу производства (стадия MRR – Manufacturing Readiness Review) было разработано большое количество документов, детально описывающих обращение, обработку, очистку, хранение и т.д. деталей и заготовок для ИТЭР. Все эти процедуры

затем согласовываются с Организацией ИТЭР, и только после «защиты» документов на стадии MRR можно будет начать производство деталей для ИТЭР.

Одной из сложных задач при производстве является неразрушающий контроль сварочных соединений. По требованиям ИТЭР 100% соединений должны быть проверены. Диагностические защитные модули содержат сложную систему водяных каналов (Рис.1.), состоящую из около 350 отверстий, каждое из которых должно быть заварено и проверено. Для решения этой сложной и специфической задачи заключены договора с Томским Политехническим Университетом, согласно которому они должны были продемонстрировать техническую возможность ультразвукового контроля на изготовленных ИЯФом макетах заваренных водяных каналов, а затем поставить оборудование для проведения данной технологической операции. Коллеги из Томска успешно продемонстрировали возможность ультразвукового контроля приваренных крышек каналов.

Для ускорения процесса производства, с Организацией ИТЭР было согласована и начата закупка специальной стали 316L(N)-IG (IG – ITER Grade) для диагностических защитных модулей.



Рисунок 5. Фотография кантователя экваториального порт-плага в чистом помещении для сборки порт-плагов. Масса порт-плага в сборе около 50 тонн.

Разработка и подготовка к производству диагностик ИТЭР.

Диверторный монитор нейтронного потока (ДМНП) и Вертикальная нейтронная камера (ВНК) являются частью диагностического комплекса ИТЭР и будут измерять термоядерную мощность и полный нейтронного потока реактора. Каждый модуль ДМНП состоит из двух детекторных узлов с ионизационными камерами деления с U-238 и U-235.

ДМНП было решено переместить из-под дивертора ИТЭР на вакуумную камеру. В связи с тем, что она стала располагаться дальше от горячей зоны реактора

диагностика существенно изменилась, в частности отпала необходимость в охлаждении ее водой.

В 2020 году в институте была разработана конструкторская документация для производства новой конструкции ДМНП. Для подготовки производства ДМНП были разработаны сварочные процедуры, к согласованию которых ИТЭР предъявляет особые требования. Также были разработаны проекты процедур Заводских Приёмочных Испытаний (FAT).

Для ВНК продолжалась разработка блоков детектирования и электрических коммуникаций.

В 2020 году институт занимался разработкой документации для начала производства внутривыводных элементов (коллиматора и стыковочного фланца) системы анализаторов атомов перезарядки (НРА) ИТЭР, а также закупкой стали 316L(N)-IG для его производства.

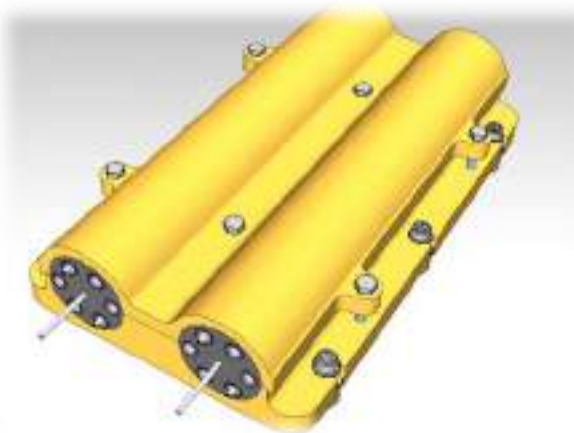


Рисунок 6. Обновленная модель модуля ДМНП (Диверторный монитор нейтронного потока) ИТЭР.

ТЕОРИЯ ПЛАЗМЫ

Электростатические неустойчивости в зеркальной ловушке.

Продолжены работы по оптимизации термоядерного источника нейтронов с использованием кода ДОЛ. Цель оптимизации заключалась в поиске режимов с максимальным отношением мощности термоядерных реакции к мощности нагрева (параметр Q), устойчивых к возбуждению дрейфово-конусной (Drift-Cyclotron Loss-Cone, DCLC) и двухгорбой (Double-Hump, DH) неустойчивостей. Рассматривалась ловушка с прямоугольной магнитной ямой, заполненная двухкомпонентной (теплая мишенная плазма и популяция быстрых ионов, создаваемая наклонной атомарной инжекцией) дейтерий-тритиевой плазмой. Фиксировалось расстояние между пробками (20 м), мощность атомарной инжекции (100 МВт) и магнитное поле в пробках (15 Т). Варьировалась энергия инжектируемых атомов (от нее зависела средняя энергия быстрых ионов) и мощность поддува газа (существенно влияла на концентрацию мишенной плазмы, температуру электронов и мишенных ионов). Для анализа устойчивости DCLC и DH мод в ходе расчетов численно решалось дисперсионное уравнение, описывающее электростатические колебания в продольно-однородной плазме; неустойчивые режимы исключались из рассмотрения.

В оптимальных режимах температура электронов и мишенных ионов достигала значений 2-3 кэВ, при этом удержание мишенных ионов переходило в кинетический режим с пустым конусом потерь. Доля мишенных ионов была достаточно велика для стабилизации неустойчивостей, развивающихся на быстрых ионах (с фазовой скоростью порядка скорости быстрых ионов). Максимально достижимое Q лимитировалось неустойчивостями, развивающимися из-за опустошения конуса потерь и градиента концентрации мишенных ионов. Увеличение магнитного поля в центральной части (эквивалентное уменьшению пробочного отношения) уменьшало отношение ларморовского радиуса теплых ионов к радиусу плазмы, что способствовало стабилизации неустойчивостей. Наибольшие значения $Q \approx 0,11$ получены в режимах с пробочным отношением около трех и энергией инжекции в диапазоне 100 - 200 кэВ.

Дивертор для стационарной газодинамической ловушки.

Проанализирована возможность использования устройства, топологически эквивалентного непараксальному МГД-стабилизатору, в качестве дивертора для проектируемого источника термоядерных нейтронов ALIANCE на основе газодинамической ловушки, который должен работать в непрерывном режиме. Побочным эффектом добавления дивертора в линейную ловушку является ожидаемое улучшение МГД-устойчивости плазмы, которое ранее наблюдалось на установках TARA [Phys. Fluids 31 (1988) 2009] и HIEI [Fus.

Tech. 39 (2001) 350]. Для оценки эффекта МГД-стабилизации дивертором в статье указан метод нахождения колец устойчивости и рассчитана степень расширения потока плазмы в диверторе. Анализ показал, что хороший дивертор, который обеспечивает высокую степень расширения, не может быть хорошим МГД-стабилизатором, который обеспечивает большой запас устойчивости. Изучены конфигурации дивертора, состоящие из двух и трех катушек; описаны их преимущества и недостатки. В заключительной части статьи представлены расчеты магнитного поля в концевой ячейке со сверхпроводящим дивертором, разработанным для проекта газодинамической многопробочной ловушки ГДМЛ [Fus. Sci. Tech. 63 (2013) 46].

Nucl. Fusion **60** (2020) 016008 (14pp)

<https://doi.org/10.1088/1741-4326/ab4865>

Стратегия развития стационарного термоядерного объемного источника нейтронов на основе газодинамической ловушки.

В статье представлены проект и стратегия развития непрерывно действующего мощного ($> 10^{18} \text{ c}^{-1}$) термоядерного объемного источника нейтронов. Предлагаемая установка основана на газодинамическом устройстве магнитного удержания плазмы с инжекцией нейтрального пучка большой мощности (50 МВт). Дорожная карта проекта включает строительство нескольких прототипов установок для решения определенного набора физических и инженерных проблем, начиная от непрерывной работы критических подсистем и заканчивая сложными физическими проблемами плазмы, характерными для осесимметричных зеркальных машин для удержания плазмы. Проект направлен на налаживание максимально широкого международного сотрудничества для создания многоцелевой экспериментальной установки, которая могла бы решить ряд проблем, наиболее важных для развертывания экономичной термоядерной энергии во всем мире. В документе подробно описаны основные принципы работы газодинамического источника нейтронов, представлены параметры, ожидаемые характеристики и основные принципы конструкции промежуточных и конечных устройств, а также изложены способы решения научных и инженерных задач, составляющих проект.

Nucl. Fusion **60** (2020) 036005 (15pp)

<https://doi.org/10.1088/1741-4326/ab668d>

ИНЖЕКТОРЫ ПУЧКОВ БЫСТРЫХ АТОМОВ

Нагревные атомарные инжекторы мощностью 1 МВт.

Нагревной инжектор мощностью 1 МВт с энергией 55 кэВ водородного/дейтериевого пучка, длительно-стью 2 сек отправлен собран и успешно прошел испытания в компании Tokamak Energy (Англия).

Нагревной инжектор с аналогичными параметрами, разработанный для токамака TCV (Швейцария), испытывается на стенде в ИЯФ.

Инжектор с энергией до 80 кэВ и мощностью 1 МВт частично испытан в ИЯФ и отправлен в Чехию на токамак Compass.

Стенд высоковольтного инжектора нейтралов в корпусе ДОЛ.

На стенде высоковольтного инжектора нейтралов в корпусе ДОЛ получен пучок отрицательных ионов с энергией более 240 кэВ и исследована его транспортировка в ускорительном тракте.

В 2020 г. продолжались работы по сооружению и запуску ускорительного стенда высоковольтного инжектора нейтралов, фото которого представлено на Рис. 1. На высоковольтной платформе стенда (оранжевый блок на фото) установлены источник отрицательных ионов и его компоненты: система питания высокочастотного газового разряда, выпрямители электродов ионно-оптической системы, водородная, цезиевая и охлаждающие системы), а также бак очистки и транспортировки пучка низкой энергии (LEVT) с крионасосами и поворотными магнитами. После прохождения LEVT пучок попадает в ускорительную трубку для дальнейшего ускорения. На выходе ускорительной трубки установлен секционный калориметр, обеспечивающий измерение мощности и профилей пучка. Для подачи ускоряющего напряжения использовались два соединенных последовательно выпрямителя с проектным напряжением 0,3 МВ, которые подключались к высоковольтной платформе с помощью проходных изоляторов.

В 2020 году были проведены эксперименты по проводке 0,7 А, 85 кэВ пучка ионов Н- через LEVT и его доускорению до энергии 240 кэВ.

Результаты работ по транспортировке ионного пучка и параметры ускоренного пучка приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Параметры транспортированного и ускоренного пучка.

И _б , А	U _б , кВ	И _{ув} , А	U _{ув} , кВ	I _{вс} , А	P _{вс} , кВт
0,65	85	0,26	158	0,26	60

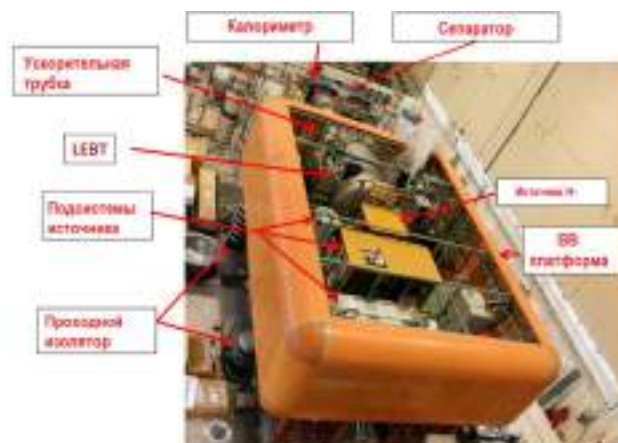


Рисунок 1. Ускорительный стенд инжектора нейтралов.

Здесь I_б – U_б – ток и энергия пучка из источника, I_{ув} – ток нагрузки высоковольтного выпрямителя (характеризует ток пучка в ускорительной трубке), U_{ув} – полное напряжение, приложенное к ускорительной трубке и соединенной с ней высоковольтной платформе, I_{вс} – ток пучка, измеренный на калориметре, P_{вс} – мощность пучка на калориметре.

В описанных экспериментах первичная энергия пучка из источника и напряжение доускорения были ограничены системами питания и составляли соответственно 85 кэВ и 158 кВ. В этом случае, оптимальный ток пучка, транспортируемый через LEVT был равен 0,65 А, а измеренное прохождение пучка через тракт достигало величины 35 %, что хорошо согласуется с результатами численного моделирования 3D кодами IBSIMU и COMSOL.

В соответствии с расчетами при повышении первичной энергии пучка до проектных 120 кэВ и расширении входной диафрагмы ускорительной трубки до диаметра 240 мм прохождение пучка через тракт должно увеличиться до 90 %.

КОЛЛАЙДЕРЫ, УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

РАБОТА КОМПЛЕКСА ВЭПП-2000 В 2020 ГОДУ

В 2020 году ВЭПП-2000 работал в области высоких энергий 940–980 МэВ в пучке. Основные усилия были сосредоточены на настройке комплекса для получения как максимальной пиковой светимости, так и высокого темпа набора данных, то есть средней светимости. Параллельно основной задаче по обеспечению набора данных электрон-позитронной аннигиляции детекторами велись разнообразные ускорительные методические эксперименты. Так, изучалась возможность получения радиационной поляризации пучков при одновременной работе на светимость, предпринимались попытки измерения распределения нелинейных магнитных полей по орбитальным откликам. Ведутся и теоретические рассуждения вопросов нелинейной динамики, свойственной режимам с круглыми встречными пучками. Также продолжается последовательное изучение эффектов встречи на круглых пучках. Модернизируется программа, моделирующая эффекты встречи; рассматривается возможность установки дополнительных мультипольных магнитных корректоров для управления параметрами, важными для совместного действия эффектов встречи и машинных нелинейностей. Для повышения надёжности и эффективности работы комплекса в перспективе 5–10 лет ведутся работы по модернизации отдельных систем, например, системы питания электромагнитов, системы пучковой диагностики.

Влияние нелинейности бетатронных колебаний вблизи линейного разностного резонанса связи.

Для успешного функционирования электрон-позитронного коллайдера ВЭПП-2000, работающего на главном резонансе связи, очень актуально исследование особенностей динамики связанных бетатронных колебаний с учетом нелинейных эффектов.

В данной работе исследованы нелинейные эффекты движения частиц вблизи линейного разностного резонанса связи в присутствии нелинейного резонанса четвертого порядка 2–2. При совместном рассмотрении двух близко расположенных резонансов с применением усреднения быстрых фаз возможно приведение системы к интегрируемому виду, с гамильтонианом:

$$H = \frac{1}{2} \left(k_{11} J_a^{\frac{3}{2}} \sqrt{J_b} + k_{12} J_b^{\frac{3}{2}} \sqrt{J_a} \right) \cos(\phi_a - \phi_b + \alpha) + \frac{3}{8} (p J_a^2 + r J_b^2 + 2q J_a J_b) + \frac{3}{4} f_2 J_a J_b \cos(2\phi_a - 2\phi_b).$$

В ходе решения были получены результаты, важные для работы коллайдера с круглыми пучками, исследованы зависимости частот от действий, построены все

фазовые портреты такого движения, Рис. 1, и найдены дополнительные частоты, проявляющиеся в спектре бетатронных колебаний, Рис. 2, 3.

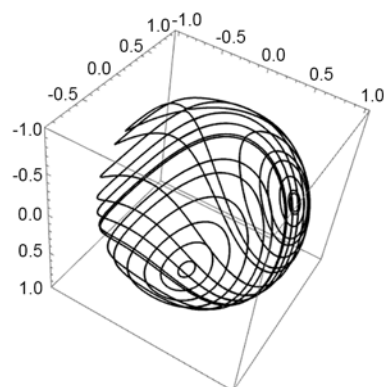


Рисунок 1. Фазовые портреты свободных бетатронных колебаний, их топология качественно меняется в присутствии нелинейностей.

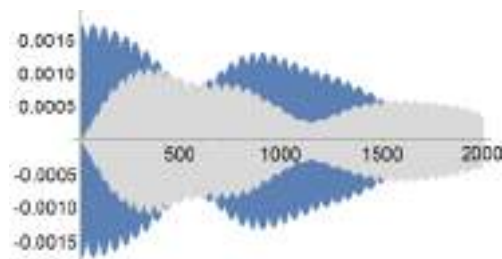


Рисунок 2. Пример моделированной истории колебаний.

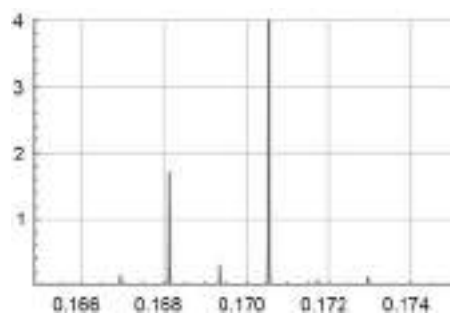


Рисунок 3. Фурье-спектр в координатах x - y при близких значениях k_{11} и k_{12} , проявились дополнительные частоты в спектре бетатронных мод, они свидетельствуют о влиянии резонанса 2–2.

Сделанные в работе теоретические предсказания для экспериментально наблюдаемых величин необходимы для экспериментального исследования нелинейной динамики на коллайдере ВЭПП-2000.

Развитие моделирующей эффекты встречи программы Lifetrac.

В программу Lifetrac, моделирующую динамику частиц в коллайдерах, добавлена возможность учёта внутривидового рассеяния (IBS) и эффекта Тушека.

Оба процесса симулируются через парные столкновения частиц сгустка, но в первом случае прицельные параметры большие, поэтому центр рассеяния экранируется, а в формулах появляется дебаевский радиус и кулоновский логарифм. Тушековское рассеяние соответствует малым прицельным параметрам, при которых можно пренебречь экранировкой. Соответственно, IBS — это резерфордское рассеяние, а эффект Тушека — мёллеровское.

В первом случае был доработан алгоритм для эффективного распараллеливания кода. Что касается эффекта Тушека, то очень часто при расчётах ограничиваются лишь вычислением времени жизни, то есть находят вероятность для частицы оказаться за пределами энергетического акцептанса. Но поскольку динамическая апертура зависит от энергии, то максимальное δ_E , при котором частица может выжить, зависит от её поперечных координат. Поэтому правильный метод состоит в том, чтобы моделировать все акты рассеяния с передачей импульса больше некоторого δ_S , а дальше только трекинг покажет, погибнет частица или нет. Ещё одним преимуществом такого подхода является воспроизведение длинных негауссовых хвостов в функции распределения для энергии и продольной координаты, пример показан на Рис. 4.

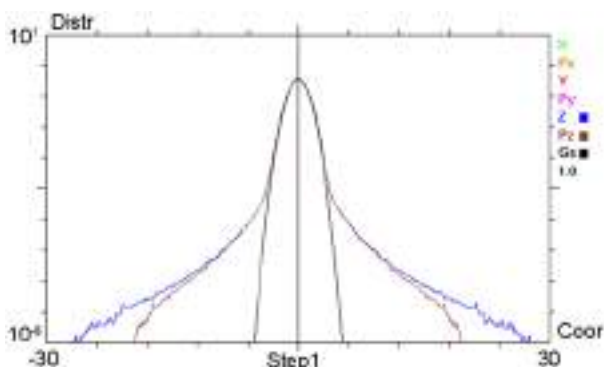


Рисунок 4. Нормализованная функция распределения для энергии и продольной координаты с учётом Тушековского рассеяния, в логарифмическом масштабе.

Здесь парабола соответствует нормальному гауссову распределению, а по горизонтальной оси отложены координаты Z и δ_E в сигмах. Для того чтобы негауссовый хвост плавно выходил из ядра распределения, величина δ_S должна быть не очень большой, в данном случае $\delta_S = \sigma_E$. Для контроля, в симуляциях определялось время жизни для линейной магнитной структуры и сравнивалось с результатом расчёта в MAD-X, было получено хорошее согласие.

Изучение возможности работы с поляризованными встречными пучками.

Рассматривалась возможность проведения на ВЭПП-2000 эксперимента по измерению детекторами СНД и КМД-3 отношения электрического и магнитного формфактора G_E/G_M протонов и нейтронов

вблизи порога их рождения ($E_{\text{beam}} \sim 950$ МэВ). Для этого необходимо сталкивать электрон-позитронные пучки со значительной степенью поляризации. Моделирование показывает, однако, что в регулярном режиме работы ВЭПП-2000 по набору светимости радиационная поляризация в накопителе отсутствует (см. Рис. 5). Это связано с тем, что в штатной рабочей точке на диаграмме бетатронных частот (4,17; 2,17) интересующий диапазон энергий соответствует спин-бетатронному резонансу.

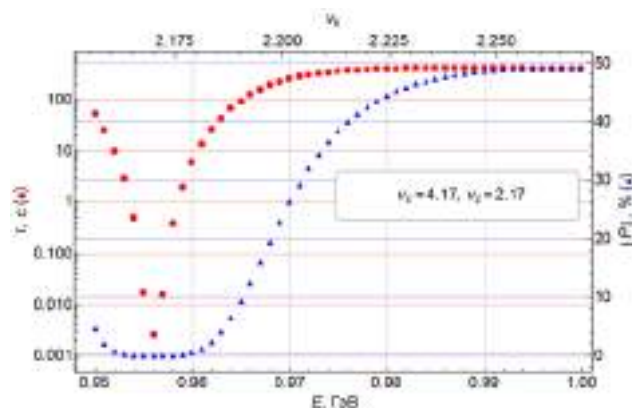


Рисунок 5. Время и равновесная степень радиационной поляризации в зависимости от энергии пучка.

Эту проблему можно решить, увеличив дробную часть бетатронной частоты до 0,4, тем самым сдвинув резонанс выше рабочего диапазона коллайдера, выше 1 ГэВ. В этом случае время самополяризации составит ~10 минут, а степень поляризации достигает 50% (см. Рис. 6). Даже при регулярной инжекции порций неполяризованных пучков равновесный уровень поляризации удовлетворяет условиям проведения эксперимента.

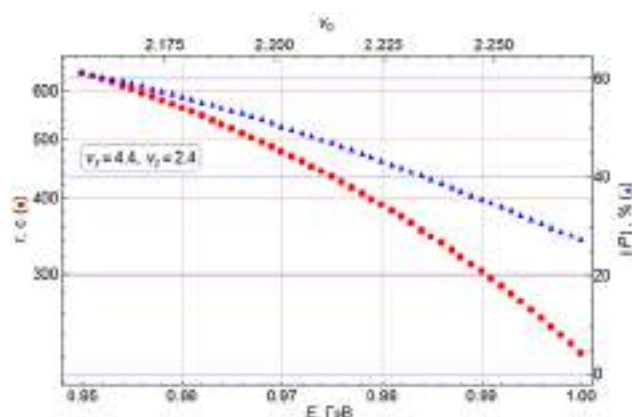


Рисунок 6. Время и степень поляризации для рабочей точки (4,4; 2,4).

Для экспериментальной проверки была модифицирована штатная оптическая структура. Однако, имеются ряд технических ограничений. Во-первых, необходимо хотя бы грубо сохранить набег горизонтальной бетатронной фазы между точкой впуска и положением кикера, для выполнения инжекции с накоплением. Во-

вторых, повышение бетатронных частот требует заметного усиления фокусирующих магнитных элементов, что доступно не во всех семействах на энергии, близкой к верхнему пределу ВЭПП-2000, вследствие ограничения токов источников питания. С небольшим рассогласованием ахроматических поворотов в арках, при котором небольшая дисперсионная функция выпускается в технические промежутки инжекции и ВЧ резонатора, оптическую модель удалось создать, её структурные функции представлены на Рис. 7.

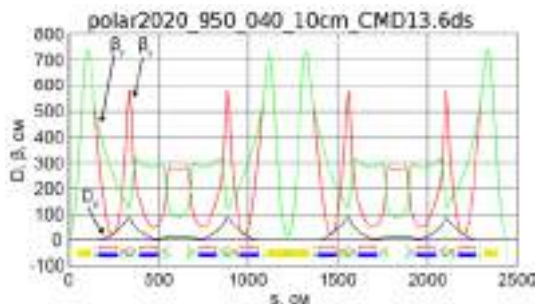


Рисунок 7. Структурные функции оптической модели.

Модельная оптика была применена к накопителю без особых затруднений, благодаря хорошему знанию кривых насыщения всех магнитных элементов, и был успешно захвачен пучок. После рутинных процедур по правке равновесной орбиты и оптики методом SVD-анализа матрицы откликов, размеры пучков оказались в приемлемом согласии с моделью, а остаточные возмущения орбиты незначительны.

Далее были проведены тестовые заходы с получением максимальных токов пучков, проверкой ограничений по эффектам встречи. К сожалению, подтвердились наихудшие опасения. При токах $\sim 60 \times 60$ мА, при которых футпринт накрывает полужелтый резонанс, ситуация становится нерабочей: в фазовом пространстве появляются острова, с захватом в них основной части пучка и возбуждением когерентных колебаний. На Рис. 8 приведено изображение с ПЗС-камер на выводах синхротронного излучения с электронного и позитронного пучков.



Рисунок 8. Изображение поперечного профиля электронного (слева) и позитронного (справа) пучков.

На Рис. 9 можно видеть спектры когерентных колебаний пучка, полученных Фурье-анализом сигнала с пикапа. Слева видны линии σ -мод, соответствующие рабочей точке машины несколько выше 0,4, справа — частоты π -мод, захваченные резонансом 1/2.

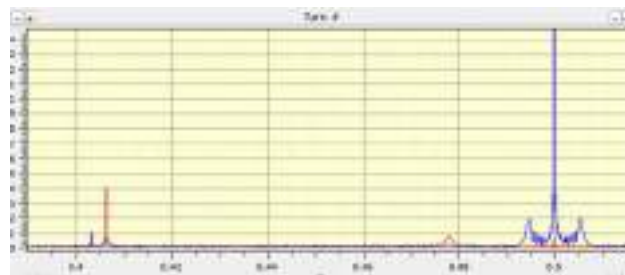


Рисунок 9. Спектр когерентных колебаний встречных пучков, взаимодействующих за счёт эффектов встречи.

Поскольку рабочим уровнем токов на данной энергии является ток пучка свыше 150 мА, очевидно, что работа на светимость в выбранном «поляризационном» режиме не имеет смысла из-за низкого уровня достижимой светимости и невозможности набрать достаточный для эксперимента объём данных. Работа в этом направлении была свернута.

Набор интеграла светимости в соответствии с планом экспериментов на детекторах СНД и КМД-3.

В сезоне 2019–2020 работа комплекса была разбита на две части. В конце 2019 года были набраны данные в самой нижней части диапазона энергий, а с начала 2020 года программа предусматривала сканирование верхней части диапазона, от порога рождения нуклонных пар и до верхнего предела, с набором большого интеграла в каждой точке по энергии.

Достигнутая светимость отражена на Рис. 10, благодаря тщательной настройке режимов пиковая светимость достигала рекордных 5×10^{31} см² с⁻¹, при этом средняя по заходам светимость держалась на уровне свыше 4×10^{31} см² с⁻¹. Удалось также наладить более стабильную работу комплекса, что выразилось в достижении рекордных суточных значений интеграла светимости (см. Рис. 11), который возрос почти вдвое по сравнению с предыдущими сезонами и достигал значения 2 пб⁻¹/сутки.

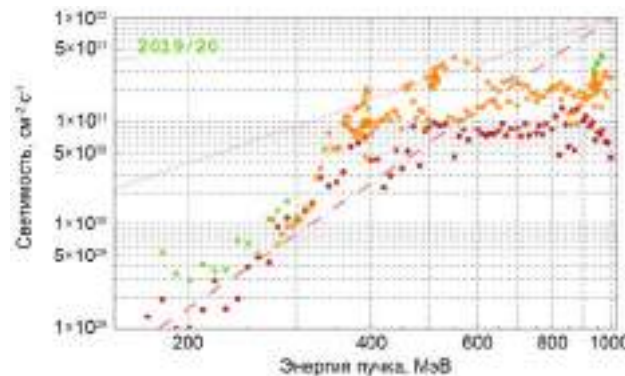


Рисунок 10. Достигнутая усреднённая по 10% лучших заходов КМД-3 светимость во всём диапазоне энергий ВЭПП-2000. Отражены достижения за разные годы.

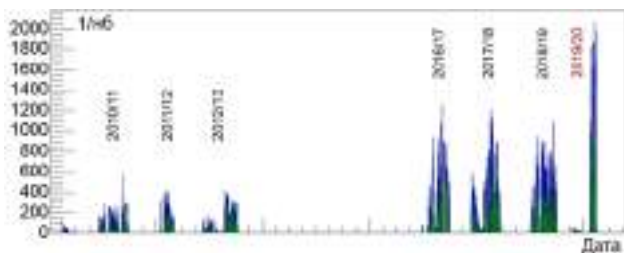


Рисунок 11. Суточный набор интегральной светимости в разные сезоны.

Динамика набора данных (см. Рис. 12) также показывает рекордный темп. К сожалению, установка была остановлена 29 марта 2020 года, согласно распоряжению Министерства науки и высшего образования РФ, в связи с эпидемией SARS-CoV-2. Набранный интеграл светимости составил 53 пб^{-1} , что вдвое меньше запланированного.

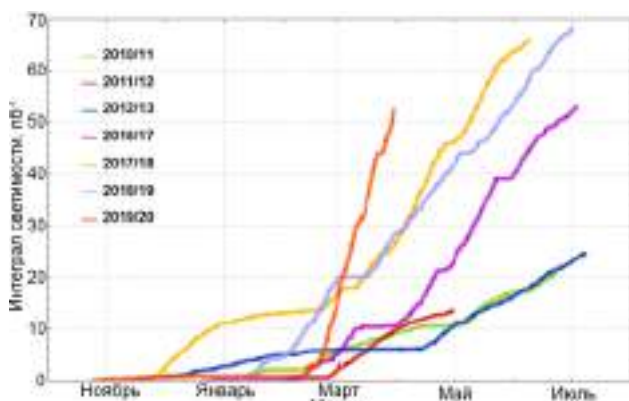


Рисунок 12. Динамика набора интеграла светимости по годам.

Исследование математических методов для уточнения нахождения величины бетатронных частот в спектрах колебаний пучка.

При работе любого ускорительного комплекса большое внимание уделяется контролю параметров пучков заряженных частиц. Особое значение этому уделено на ВЭПП-2000, равенство бетатронных частот является необходимым для реализации концепции круглых пучков. Повышение точности определения бетатронной частоты пучка вошло в перечень задач для студентов, работающих на комплексе ВЭПП-2000 в 2020 году.

В ходе работы исследованы зависимости точности определения частоты модельного сигнала в зависимости от длины сигнала и уровня шумовой составляющей для следующих методик: ДПФ, оконное преобразование Фурье, интерполяция спектра методом Гассиора, NAFF, метод главных компонент (РСА).

После проведения численного моделирования и выбора стратегий было принято решение о написании

программного обеспечения, в котором реализованы все изученные численные методики. Для технической реализации ПО были использованы современные методики: объектно-ориентированный язык программирования Python 3 с поддержкой динамической типизации; фреймворк PyQt и библиотека PyQtGraph, которые позволили создать графический интерфейс для удобства работы оператора комплекса. Внешний вид интерфейса представлен на Рис. 13.

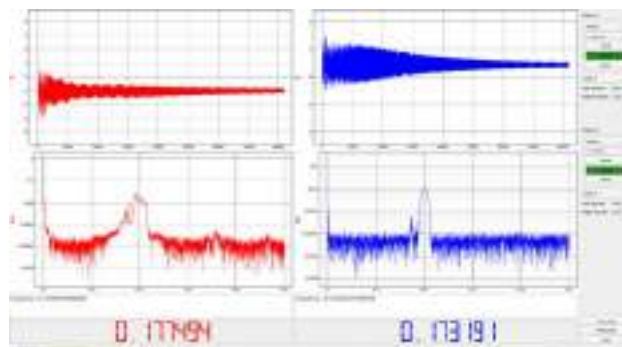


Рисунок 13. Интерфейс ПО для работы оператора ВЭПП-2000.

Изучение возможностей анализа орбитальных откликов для поиска нелинейных полей в накопителе.

Во время изучения распределения рассеянного поля импульсного впускного магнита с помощью циркулирующего пучка было отмечено плохое согласие формы наблюдаемой искажённой орбиты с модельным предсказанием при экстремально больших амплитудах искажения, сравнимых с геометрической апертурой. Это не было предметом исследования, но натолкнуло на идею, что в кольце присутствуют сильные нелинейные поля, проявляющие себя при больших амплитудах отклонений. То есть, с одной стороны они важны для понимания величины динамической апертуры, а с другой — могут быть измерены с помощью орбитальных откликов большой амплитуды.

В различных режимах работы, как в штатном режиме для набора светимости, так и в так называемой «тёплой оптике» — техническом режиме с выключенными соленоидами финального фокуса — была проведена серия измерений орбитальных откликов с амплитудами разной величины. Сравнивались с моделью как экспериментально измеренные матрицы откликов на одиночные корректоры, так и псевдолокализованные искажения орбиты с разной амплитудой, примеры приведены на Рис. 14, 15.

Эксперименты показали неплохое соответствие измерений и модели. Наблюдаемая нелинейность откликов с амплитудой мала, и достижимая совокупная точность измерений и калибровок, по-видимому, недостаточна для анализа и локализации на кольце слабых нелинейных полей.

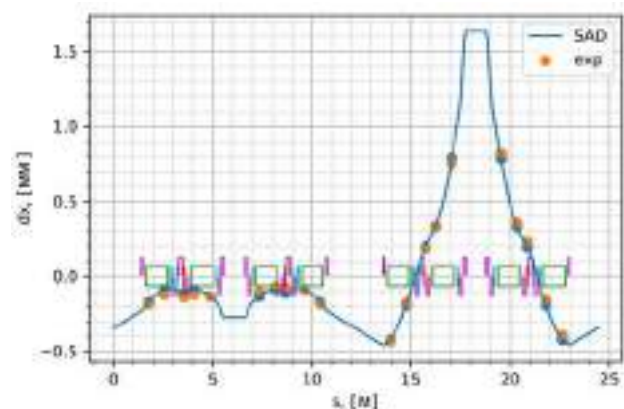


Рисунок 14. Пример сравнения измеренного и модельного откликов.

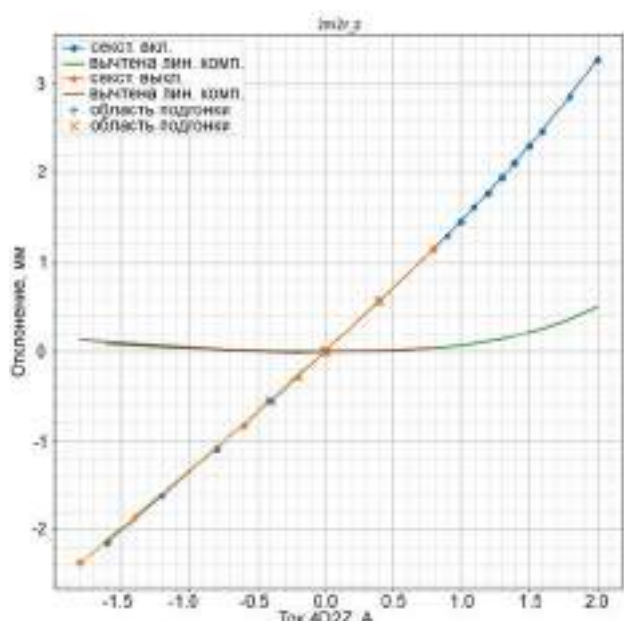


Рисунок 15. Пример зависимости амплитуды отклика от тока комбинации корректоров.

Проработка возможности установки октупольных корректоров на кольцо ВЭПП-2000.

Для большинства электрон-позитронных накопителей нелинейная динамика частиц и величина динамической апертуры играют важнейшую роль в достижении ключевых параметров. Особенностью ВЭПП-2000 является использование соленоидов финального фокуса с сильной нелинейной составляющей краевого поля, которая, в частности, даёт доминирующий вклад в амплитудную зависимость частоты бетатронных колебаний. Величина этой так называемой «кубической нелинейности» зависит от режима работы ВЭПП-2000: в области низкой энергии целесообразно запитывать половинки соленоидов, чтобы приблизить финальный фокус к месту встречи. Однако это эффективно усиливает краевые поля. Для возможности управления «кубической нелинейностью» обычно используются октупольные линзы, которых в настоящее время на кольце

нет. Было предложено рассмотреть вариант замены семейства существующих, но неиспользуемых секступольных линз SD, в которые внедрены скью-квадрупольные корректирующие обмотки SQ3, на октупольные.

Сложность заключается в том, что а) в продольном направлении место чрезвычайно стеснено, б) необходимо сохранить скью-квадрупольные коррекции, и их крайне желательно усилить, в) сила октупольных корректоров должна быть сопоставима по влиянию на кубическую нелинейность с влиянием краевых полей соленоидов. Скью-квадрупольные коррекции также чрезвычайно важны для настройки оптики ВЭПП-2000 на получение высокой светимости. В штатном режиме на кольце имеется до сих пор невыясненный источник бетатронной связи, который приводит к расщеплению этой связи используются все семейства скью-квадрупольных коррекций, но в первую очередь именно SQ3, поскольку они расположены в местах с нулевым значением дисперсионной функции, и не возбуждают вертикальной дисперсионной функции.

Первым этапом данной работы было магнитное моделирование в программе численного магнитного моделирования MERMAID октупольной магнитной линзы и определение величин октупольного, скью-квадрупольного, квадрупольного и их совокупного градиентов, при различных конфигурациях питания.

На Рис. 16 изображен эскиз линзы с вакуумной камерой и каналом для охлаждения вакуумной камеры от синхротронного излучения.

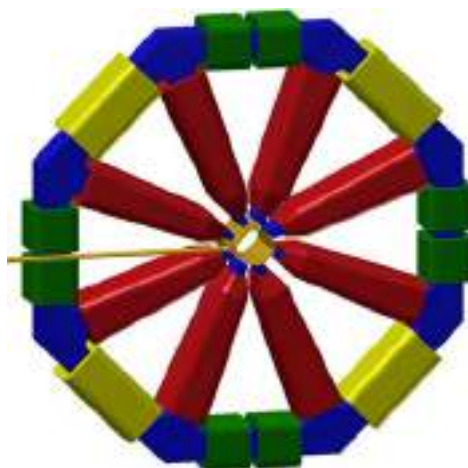


Рисунок 16. Модель октупольной линзы с фрагментом вакуумной камеры и водоохлаждаемым приёмником синхротронного излучения.

ИНЖЕКТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ВЭПП-5

Инжекционный Комплекс ВЭПП-5 в ИЯФ СО РАН предназначен для получения, накопления и транспортировки высокоинтенсивных пучков электронов и позитронов в действующие в Институте электрон-позитронные коллайдеры ВЭПП-4М и ВЭПП-2000. Он состоит из источника электронов, электронного линейного ускорителя, узла конверсии, включающего в себя высокоэффективную магнитную систему сбора позитронов, позитронный линейный ускоритель, накопитель-охладитель (НО) и каналы транспортировки (К-500) частиц до потребителей – коллайдеров ИЯФ СО РАН.

Линейный ускоритель выполнен на базе ускоряющих структур S-диапазона и состоит из четырех модулей. Каждый модуль включает в себя клистрон 5045 производства SLAC, умножитель мощности типа SLED и 3 или 4 ускоряющих структуры. В линейном

ускорителе всего 14 ускоряющих секций, представляющих из себя диафрагмированный волновод Рисунок 1. Основные параметры линейного ускорителя приведены в Таблица 1.

Таблица 1. Основные параметры линейного ускорителя инжекционного комплекса.

Параметр	Значение
Максимальная энергия пучка	280, 500 МэВ
Частота	285,5 МГц
Максимальное количество электронов в пучке	10^{11}
Максимальное количество позитронов в пучке	$6,3 \cdot 10^9$
Энергетический разброс, позитроны/электроны	3%, 1%
Максимальная частота повторения	50 Гц

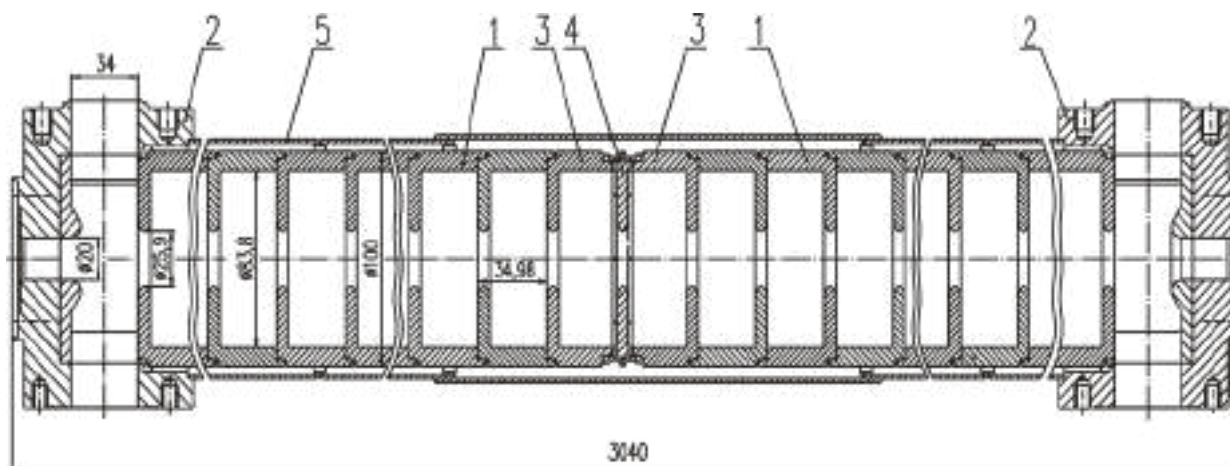


Рисунок 1. Ускоряющая структура. 1 – регулярная ячейка, 2 – трансформатор типа волны, 3 – входная ячейка, 4 – входная диафрагма, 5 – охлаждение.

Для получения позитронов ускоренный до 270 МэВ электронный пучок фокусируется на танталовой мишени конверсионной системы (Таблица 2). Вторичные частицы проходят через концентратор магнитного потока, с пиковым «осевым» магнитным полем в 10 Тл. Однако, текущее значение используемого магнитного поля – 7,3 Тл, ввиду того, что дальнейшее увеличение поля незначительно повысит коэффициент конверсии, но сильно уменьшит время жизни устройства (Рисунок 2).

Таблица 2. Параметры конверсионной системы инжекционного комплекса.

Параметр	Значение
Максимальное магнитное поле	10 Тл
Ток на поверхности конуса	120 кА
Максимальное напряжение	1,2 кВ
Импульсная энергия	90 Дж
Длительность импульса	26 мкс
Частота повторения	50 Гц
Максимальная средняя мощность	4 кВт

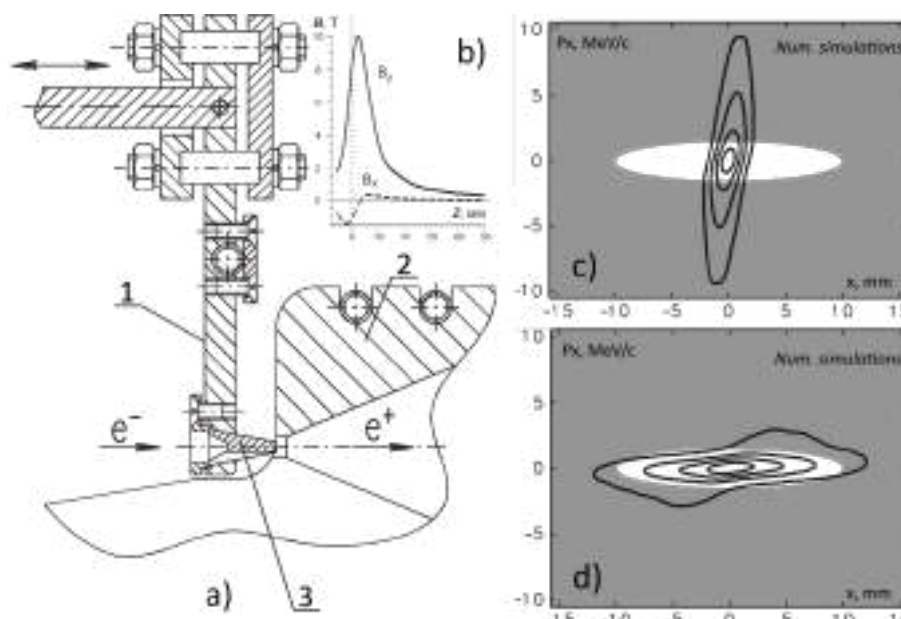


Рисунок 2. Конверсионная система ВЭПП-5. а) 1 – держатель мишени, 2 – магнит-концентратор, б) магнитные измерения, с) позитронный пучок в фазовом пространстве после мишени, д) позитронный пучок в фазовом пространстве после магнита-концентратора.

Накопитель-охладитель спроектирован так, чтобы захватывать пучок из линейного ускорителя S-диапазона с среднеквадратичной длиной пучка около 4 мм. На данный момент накопитель работает с резонатором 1 гармоника (10,94 МГц) запитанным от 2х3,5 кВт полупроводникового усилителя что позволяет захватывать значительно более длинные пучки. Для инжекции и выпуска пучка используется однооборотная схема с предударом, то есть задействованы по 2 инфлектора на каждый сорт частиц. Ключевые параметры накопителя-охладителя приведены в Таблица 3.

Таблица 3. Ключевые параметры накопителя-охладителя инжекционного комплекса.

Параметр	Значение
Максимальная энергия	510 МэВ
Периметр	27,4 м
Частота резонатора	10,94 МГц (1-я гармоника)
Времена радиационного затухания (x, z, s)	42; 37,7; 18 мс
Среднеквадратичная длина пучка	21 см (при токе 30 мА)
Горизонтальный эмиттанс	10 мрад*см
Вертикальный эмиттанс	4 мрад*см

Комплекс позволяет получать и накапливать пучки с энергией до 510 МэВ с интенсивностями до 1011 частиц в пучке. Инжекционный Комплекс обладает уникальными свойствами и не имеет аналогов в России.

На предыдущих этапах выполнения НИР были подготовлены следующие промежуточные отчёты:

Отчёт о НИР по теме № 15.4.2 «Исследование и оптимизация эффективности инжекции электронов и позитронов инжекционного комплекса ВЭПП-5» (промежуточный за 2017 год), ИКРБС: АААА-Б18-218053090049-5.

Отчёт о НИР по теме № 15.4.2 «Исследование и оптимизация эффективности инжекции электронов и позитронов инжекционного комплекса ВЭПП-5» (промежуточный за 2018 год), ИКРБС: АААА-Б19-219080290002-3.

Отчёт о НИР по теме № 15.4.2 «Исследование и оптимизация эффективности инжекции электронов и позитронов инжекционного комплекса ВЭПП-5» (промежуточный за 2019 год), ИКРБС: АААА-Б20-220120290066-4.

Развитие программного обеспечения системы управления.

Программное обеспечение системы управления инжекционного комплекса построено с использованием Фреймворка CXv4, разработанного в ИЯФ СО РАН и работает на различных ОС Linux. В системах управления потребителей пучка используются Фреймворки EPICS, TANGO и VCAS, клиентские модули для взаимодействия с которыми были разработаны к настоящему этапу работ.

ПО системы управления ИК организовано по классической трехуровневой схеме (Рисунок 3) и включает набор драйверов для работы с оборудованием, CX-сервера, обеспечивающие взаимодействие драйверов оборудования и прикладных программ друг с другом. Протокол CX используется для обмена между программами так как это унифицирует все необходимые

взаимодействия. Похожая идея общей программной шины данных для упрощения связей послужила основанием для создания DBUS. Уровень прикладных программ включает:

- инженерные программы, предоставляющие возможности “ручного” управления всеми устройствами.
- операторские программы, упрощающие рутинные операции с ускорителем.
- службы для автоматизации процессов, обработки данных и других задач.

Исследовательские программы, при помощи которых проводится изучение ускорителя и решаются другие исследовательские задачи.

Система управления инжекционного комплекса достаточно сложна, так, например, в CXv4 представлено около 900 логических устройств, которые суммарно содержат около 9000 измерительных и управляющих каналов. Для упрощения конфигурирования различного программного обеспечения используется база данных в СУБД postgresql содержащая структурированную информацию об установке. Данная БД управляется при помощи простого веб-интерфейса на основе фреймворка django и задействована в автоматическом конфигурировании части CX-серверов, системы сохранения/восстановления состояния установки и других прикладных программ комплекса.

В описанной структуре программного обеспечения будем относить к базовому ПО системы управления: драйвера устройств, CX-сервера, инженерные программы и средства разработки других программ.

Фреймворк CXv4 реализован на языке C и содержит библиотеки для разработки драйверов и клиентских приложений на C/C++, с том числе библиотеки ChI и Cdr используемые для создания GUI-программ. Инженерные программы для простого доступа к возможностям оборудования - это одна программа, имеющая все возможности отображения, заложенные в указанных библиотеках; запущенная с разными конфигурационными файлами, в которых описано что и как отображать.

Разработка служб пользовательского уровня, исследовательских программ и части операторского ПО обычно ведется на языке Python при помощи высокоуровневого клиентского модуля, реализованного на диалекте Cython, что существенно упрощает процесс разработки. Данный модуль позволяет работать в собственном основном цикле CXv4 и в основном цикле Qt, что позволяет создавать графические приложения для системы управления на PyQt. Для облегчения этого процесса используется модуль с виджетами PyQt которые инкапсулируют каналы CX и отображают их данные. Также создан набор подключаемых модулей qt designer для быстрого графического создания интерфейсных программ. Так как ПО системы управления инжекционного комплекса представляет собой систему постоянного развертывания. Службы пользовательского уровня представляют собой микросервисы, обычно решающие одну небольшую задачу.



Рисунок 3. Схема программного обеспечения системы управления Инжекционного комплекса.

Развитие базового ПО системы управления велось в двух основных областях: усовершенствование фреймворка CXv4 и расширение поддержки управляюще-измерительной электроники. Во Фреймворк CXv4 были внесены следующие улучшения:

1. Добавлено автоматическое преобразование между целочисленными и символьными типами. Это потребовалось в первую очередь для обеспечения возможности взаимодействия с системами управления на основе EPICS, где, вследствие отсутствия поддержки строк длиннее 40 символов, для передачи текстовой информации обычно используются байтовые массивы.

2. Добавлена возможность управления контролем доступа по сети к CX-серверу (раздельное ограничение чтения, записи и захвата каналов). Такое разграничение прав доступа является необходимым в ситуации, когда к некоторым CX-серверам требуется предоставить доступ из сетей других установок.

3. Реализована возможность захвата каналов в монопольное использование. Это, во-первых, позволяет выполнять длинные последовательности операций с управляющими каналами с гарантией, что в последовательность случайно не вмешается другая программа (или другой экземпляр этой же). Во-вторых, это даёт возможность реализовывать службы пользовательского уровня, имитирующие работу драйверов устройств: получив монопольное право на запись в набор каналов, такая программа может публиковать через них данные (например, результаты предварительной обработки измеренных сигналов), как это обычно делает серверный драйвер через каналы чтения. Соответственно, поддержка захвата каналов в монопольное использование была добавлена и в клиентский модуль для языка Python.

4. Оптимизирован процесс обновления данных в окнах инженерных программ, работающих на основе библиотек Chl и Cdr. Ранее производилось обновление всех полей по приходу данных, сейчас же обновляются лишь те, чьи значения изменились. Поскольку инженерные программы содержат сотни полей и таких программ на пультовых компьютерах (каждый с 6 мониторами) может быть запущено сразу много, а обновления обычно приходят с частотой 5 Гц, то это создаёт большую нагрузку на сервер X11. Так, на пультовом ПК с процессором Xeon E3-1245v5 и 6 мониторами, подключенными через 2 видеокарты Quadro P2000, сервер Xorg мог потреблять до 99% производительности 1 ядра, не справляясь с перерисовкой всего набора полей на полной скорости (возможно, пониженная производительность обусловлена также использованием расширения Xinegata, необходимого для бесшовного использования нескольких мониторов). После внедрения оптимизации обновления потребление процессора сервером X11 значительно уменьшилось. Хотя оно теперь и повышается при массовом изменении значений (например, в момент смены режима работы комплекса), но в основное время X-сервер справляется со всеми требуемыми обновлениями. Также эта оптимизация важна для локальных пультовых машин (исполь-

зующих Raspberry Pi, обладающих меньшей производительностью) и при запуске пультовых программ через сеть, поскольку существенно снижает сетевой трафик.

5. В модуль чтения конфигурации аппаратуры в CX-сервере добавлена поддержка простейших арифметических выражений при указании вещественных чисел. Это позволяет непосредственно в файлах конфигурации записывать исходные формульные выражения (например, "(5,4/10./1000)", что означает "5,4 амперам тока корректора соответствуют 10 вольт на выходе ЦАП, с коэффициентом 1000 для перевода в миллиамперы", вместо "0.00054"). Это улучшает читаемость файлов конфигурации человеком и снижает вероятность ошибок.

6. Модифицирован CX-протокол. В изначальном варианте сетевого протокола CXv4 адресация клиентских программ к каналам производилась по номерам каналов внутри сервера. В обновлённом варианте сначала выполняется операция "открыть канал" (аналогично операции "открыть файл" в ОС), возвращающая уникальный идентификатор канала для конкретного клиентского соединения (т.н. "handle"), и последующая адресация производится уже через эти идентификаторы. Эта модификация была сделана на перспективу: такой способ адресации позволит в будущем производить изменение набора каналов, поддерживаемого экземпляром CX-сервера, "на лету", что является необходимым для возможности реализации прокси-серверов для протокола CX.

Большая часть работ с управляюще-измерительной электроникой была связана с аппаратурой стандарта VME. К сожалению, приходится вкладывать много сил в поддержку этого устаревшего стандарта, поскольку на инжекционном комплексе пока нет более современной аппаратуры (например, MicroTCA). В области улучшения поддержки оборудования на текущем этапе были выполнены следующие работы:

1. Выполнена модификация драйвера ядра, обеспечивающего в контроллере BIVME2 обработку IRQ от шины VME. Без этого была невозможна одновременная работа в одном крейте нескольких VME-модулей, использующих одинаковый номер IRQ, например, цифровых осциллографов ADC250 (что требуется в системе ВЧ-измерений).

2. Добавлены операции блочного чтения и записи в библиотеку доступа к VME-шине в контроллере BIVME2 (libvmedirect). Это существенно ускорило процесс вычитывания данных из цифровых осциллографов.

3. Добавлена поддержка работы с VME через адаптеры фирмы CAEN (адаптер A3818 с крейт-контроллером V2718). Побудительным мотивом явилось то, что используемые в настоящее время крейт-контроллеры BIVME2 оснащены сравнительно слабым процессором (50МГц PowerPC 852) и, даже после перехода на блочное чтение, физически не успевают работать с большим количеством цифровых осциллографов (при частоте 10 Гц производительности хватает на

4 осциллографа, а при увеличении их количества последующие вычитываются с меньшей частотой). VME-интерфейс от CAEN обеспечивает высокую скорость (до 80Мбайт/с), что позволяет полностью использовать пропускную способность VME-шины. К одной оптической линии может быть подключено до 8 VME-крейтов, а адаптеры А3818 позволяют подключать 1, 2 или 4 линии (в зависимости от модели).

4 Реализация инфраструктуры для передачи через СХ видеопотока с видеокамер, подключаемых к компьютеру через платы видеозахвата. Такие видеокамеры используются на Инжекционном комплексе для получения изображений с люминофорных датчиков; при этом в ПО реализуется анализ изображения, с целью определения кадра в момент пролёта пучка (сохраняется этот кадр и 2 последующих). Созданная инфраструктура позволяет видеть изображения не только непосредственно на пультовом компьютере, к которому подключена камера, но также получать их удалённо, в пультовых комплексов-потребителей. Причём, благодаря передаче средствами СХ, эти изображения могут отображаться непосредственно в экранах программ управления.

Как было сказано ранее, заметная доля пультового ПО разрабатывается на языке Python, средства разработки для которого включают набор классов каналов, реализованных на Cython и набор PyQt виджетов с автоматическим отображением данных системы управления. В данные средства разработки были внесены следующие основные изменения:

Убрана поддержка Python версии 2.x в связи с окончанием цикла поддержки последнего и полным переходом на использование более поздних версий. Это несколько облегчает дальнейшую разработку и эксплуатацию программ.

Улучшены возможности унификации кода, работающего в разных основных циклах. Для этого был реализован контейнер для PyQt-сигналов, снимающий необходимость наследования классов каналов от QObject и позволяющий во время исполнения создавать сигналы с произвольным прототипом. Благодаря этому возможно использование одного и того же кода, создающего сигналы для взаимодействия между объектами в основных циклах СХv4 и Qt. Это улучшение применено для переиспользования части кодовой базы, работающей внутри служб и в их графических клиентах.

Реализован класс векторного канала, включающего некоторые возможности по обработке данных. Это позволяет производить предобработку измеренных данных на стороне С, что значительно ускоряет работу соответствующих программ. Данная возможность использована в предварительной обработке данных осциллограмм ВЧ-системы линейных ускорителей.

Разработан начальный набор классов для упрощенного отображения осциллографических и исторических данных при помощи библиотеки ruqtgraph. Это упрощает разработку приложений для отображения данных и было использовано, например, для создания

приложения отображающего состояние ВЧ-системы линейных ускорителей.

Создан класс, предоставляющий возможности по работе с файловыми дескрипторами в основном цикле СХv4. Такая возможность была необходима для разработки служб, работающих с системными устройствами или сокетами, и применена в реализации службы температурного мониторинга инжекционного комплекса.

В связи с расширением использования конфигурационной БД инжекционного комплекса в настройке прикладных программ были разработаны вспомогательные классы и виджеты для работы с БД при помощи Python, которые автоматизируют наиболее часто встречающиеся действия. Например, создан виджет на основе QTreeWidget и django ORM, который представляет дерево логических систем и устройств комплекса и позволяет выбирать необходимый набор подсистем и устройств. Указанный виджет задействован графической программе для управления состояниями ускорителя и в некоторых исследовательских программах.

Разработка инструментов программного контроля и управления параметрами пучка и его орбиты.

Электроника станций датчиков положения пучка

Датчики положения пучка (ДПП, пикапы) – один из основных инструментов контроля и управления параметрами орбиты и пучка, дающий возможность получить широкий спектр данных, характеризующих состояние ускорителя. От электроники пикап-станций, получающей первичные данные с пластин ДПП зависит точность исходных данных и возможности датчика.

Параметры пикап-станций, установленных на накопителе-охладителе инжекционного комплекса приведены в Таблица 4.

Таблица 4. Основные параметры пикап-станций.

Параметр	Величина
Диапазон измеряемых токов пучка	0,5 – 200 мА
Температурная зависимость измерений	Менее 2 мкм/°С
Разрешение пооборотных измерений При токах пучка 20-100 мА При токе пучка 5 мА При токе пучка 1 мА	Лучше 4-5 мкм ~ 20 мкм ~ 100 мкм
Разрешение при времени измерения 100 мс При токах пучка 20-200 мА При токах 1 – 200 мА	Менее 15 мкм Менее 50 мкм
Емкость буфера для измерений	128 тысяч оборотов
Регулировка усиления каналов	28 дБ

Описание устройства инструментов программного контроля и управления параметрами пучка и его орбиты.

Для реализации всех возможностей, которые предоставляют пикапы было разработано программное обеспечение (ПО), позволяющее проводить сбор, обработку данных, их отображение и хранение. Такое ПО позволяет проводить работы по калибровке и настройке ускорителя, повышению его эффективности и стабильности.

Принципиальная схема программного обеспечения представлена на Рисунке 4. Оно состоит из нескольких ключевых частей:

bpm_d (программа-демон) – предобработка данных, полученных с драйвера пикап станций.

handles_d (программа-демон) – обслуживание «ручек» («ручка» - это изолированное изменение одного параметра системы).

gmc – снятие матрицы отклика ускорителя.

orbit – отображение и хранение орбиты накопителя-охладителя в разных режимах работы инжекционного комплекса.

tunes – отображение и хранение дробных частей бетатронных частот накопителя-охладителя (БЧ).

turns – отображение измерения тока и координат (а также их Фурье преобразования) с выбранного пикапа.

magn – скрипт, выполняющий намагничивание элементов накопителя-охладителя.

handles – пользовательское приложение для создания «ручек» и управлению ими магнитной системой комплекса.

inj_proc – снятие карты инъекции в зависимости от рабочей точки.

gmc_proc – обработка снятой матрицы отклика, создание «ручек» по результатам обработки.

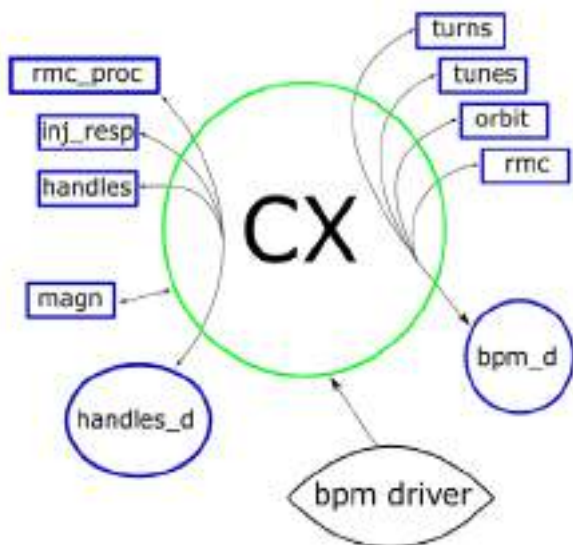


Рисунок 4. Блок-схема программного обеспечения.

Детальное описание блоков программного обеспечения BPM_D

Программа-демон получает от драйвера станций положения пучка массив данных, в котором содержится информация о координатах и токе с каждого пикапа за заданное количество оборотов. *bpm_d* разбирает этот массив, формирует по измерениям координат с 16 датчиков массив отклонений пучка от электростатических центров пикапов в накопителе, а также выделяет в отдельные массивы измеренные координаты пучка с выбранного оператора пикапа и дискретное преобразование Фурье этих координат. После этой предобработки данные хранятся на СХ-сервере, откуда могут быть взяты программами *tunes*, *tunes* и *orbit* для отображения пользователям.

Обработка данных, их сохранение и загрузка из файловой системы или базы данных лежит на *bpm_d*, пользовательские приложения лишь формируют команду и передают ее демону посредством протокола СХv4 и его обертки *rusx4*.

Задача программы *tunes* – это отображение текущих БЧ накопителя-охладителя и точек в каждом из четырех режимов работы (Рисунок 5). Бетатронные частоты являются ключевой характеристикой состояния магнитной системы кольца. Их случайные изменения могут приводить к значительным потерям частиц на всех этапах работы комплекса. Данное же приложение дает оператору возможность отслеживать их расположение и отклонение на резонансной сетке.

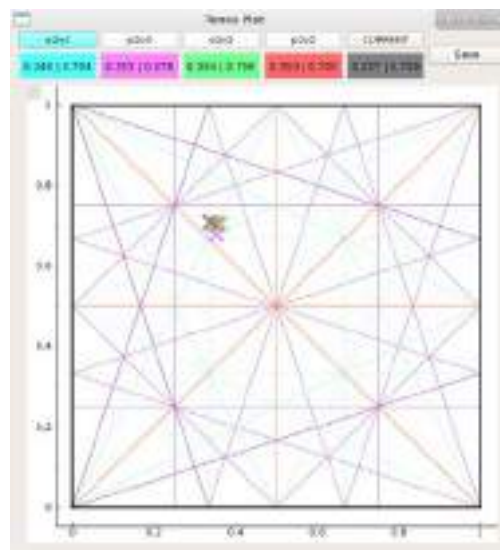


Рисунок 5. Пример отображения значений дробных частей бетатронных частот на резонансной сетке в пользовательском окне программы *tunes*.

По изменению рабочей точки возможно проводить измерения усредненной бета-функции в местах расположения корректоров. Известно, что малое изменение фокусирующей силы линзы ведет к следующему смещению частоты:

$$\Delta\nu = \frac{1}{4\pi} \int \Delta k * \beta(s) ds$$

Отсюда, усредняя значение бета-функции по линзе получаем усредненное значение искомой величины:

$$\beta > \frac{4\pi}{L} \frac{\Delta v}{\Delta k}$$

Проведя измерение зависимости рабочей точки от силы линзы, возможно, через аппроксимацию зависимости $v(k)$ вычислить значение $\frac{\Delta v}{\Delta k}$, а значит и $\beta >$. Результаты измерений представлены на Рисунках 6 и 7.

При анализе результатов становится ясно, что предсказание модели и поведение пучка в ускорителе отличаются. Имея данные измерений возможно проводить

корректировку модели накопителя, с целью ее сведения к проектной.

Не менее важная задача – отображение положения пучка в вакуумной камере кольца. Оно влияет на то, как пучок захватывается магнитной системой НО во время инжекции и на его выпуск в транспортный канал К-500. Отклонение координаты или угла при выпуске может привести к частичной или даже полной потере пучка при перепуске, а потому важно удерживать эти параметры постоянными и при необходимости проводить их коррекцию. Приложение orbit предназначено для этого (Рисунок 8) и оно не только отображает текущее положение пучка, но и некоторое запомненное, которое посчитали оптимальным для работы в данном режиме.

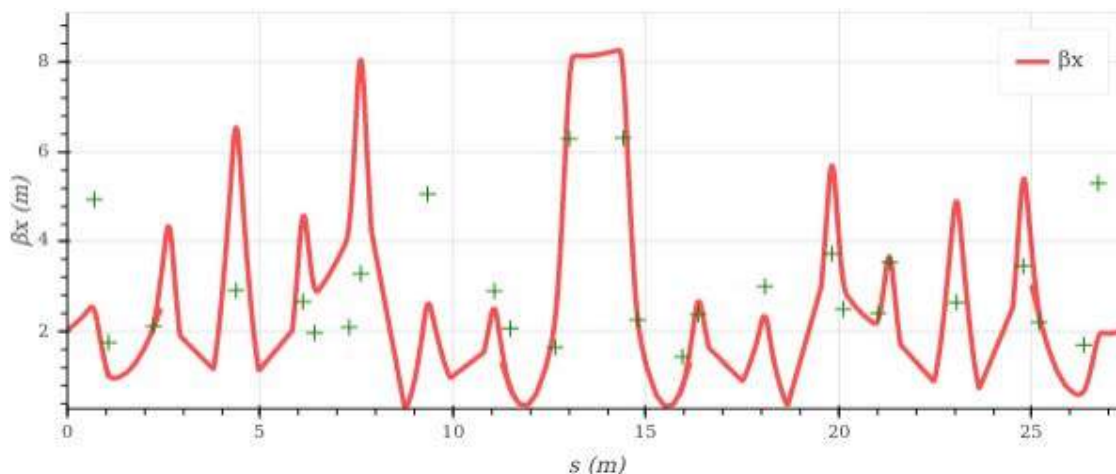


Рисунок 6. Измеренная (зеленый маркер) и модельная (красная) горизонтальная бета-функция.

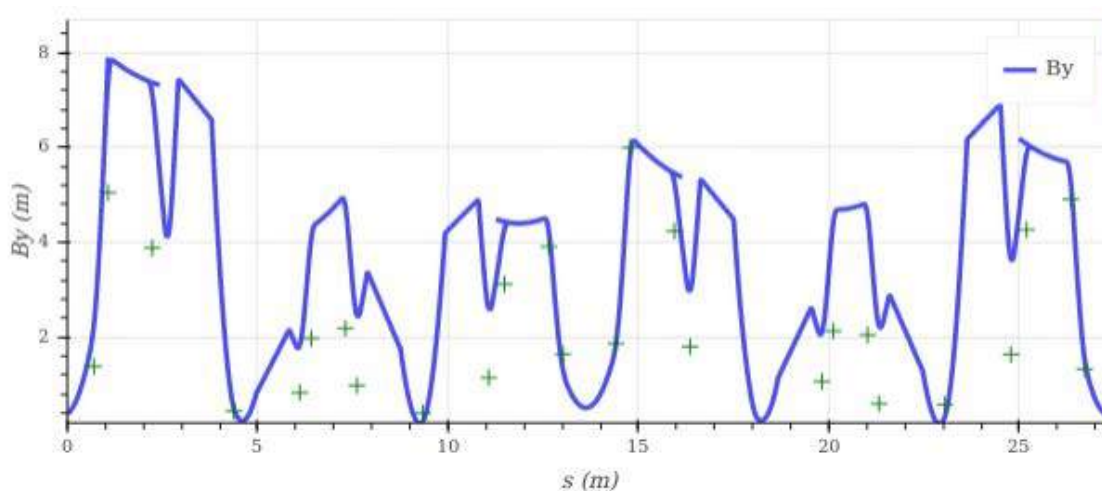


Рисунок 7. Измеренная (зеленый маркер) и модельная (синяя) горизонтальная бета-функция.

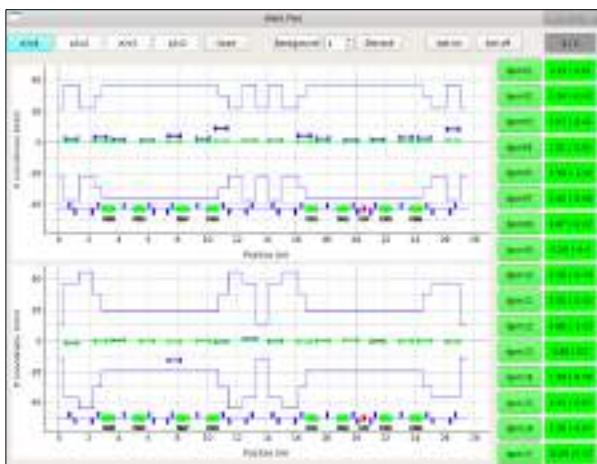


Рисунок 8. Отображение орбиты накопителя-охладителя. Зеленый маркер – последняя измеренная координата пучка с активного пикапа, синим – сохраненная, красным – неактивные датчики, на которых не происходит измерение координаты.

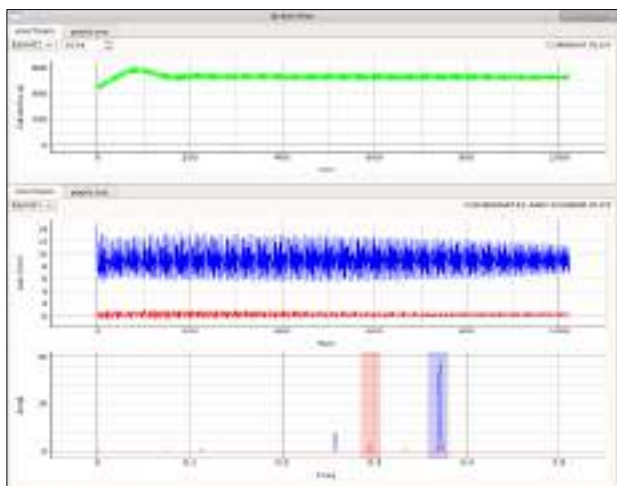


Рисунок 9. Отображение пооборотных измерений параметров пучка на выбранном пользователем датчике в программе turns.

Другая часть этого блока предназначена для отображения значений тока пучка, его координат и дискретного преобразования Фурье этих координат. Оператору предоставляется возможность выбирать пикап для наблюдения, количество измеряемых оборотов и диапазон в котором определяются частоты поперечных координат ускорителя (Рисунок 9).

Благодаря turns появляется возможность отслеживать параметры пучка при инъекции, влияние на пучок амплитуды и времени удара инфлекторов; имея модель ускорителя, можно измерить угол пучка и его координату на влете в кольцо, при необходимости провести коррекцию; аппроксимируя зависимость координат от номера оборота - получить параметры огибающей пучка и целую часть бетатронной частоты.

Ввиду того, что многие операции при работе с ускорителем базируются на построенной теоретической модели поведения пучка в магнитной системе, необходимо иметь ее согласование с реальными экспериментами. Для этого необходимо провести процесс калибровки, суть которого заключается в том, чтобы собрать с работающего ускорителя матрицу отклика и изменением параметров теоретической модели добиться равенства (с заданной точностью) снятой матрицы и построенной на основе расчетов.

Алгоритм снятия матрицы отклика выглядит следующим образом:

- Намагничивание элементов магнитной системы ускорителя, чтобы каждый раз находиться в одной ветке гистерезиса железа. Это обеспечивает повторяемость процедуры снятия и дальнейшего применения матрицы отклика.
- Выбор необходимых для снятия матрицы элементов и задание параметров сбора матрицы. В зависимости от целей работы это могут быть квадрупольные и дипольные корректоры или другие элементы магнитной системы.
- Для выбранных элементов нужно провести серию измерений положения орбиты пучка в зависимости от тока заданных элементов. Отдельно стоит отметить тот факт, что при изменении тока необходимо следить за тем, обрабатывает ли источник тока магнитного элемента заданное значение. Если да, то процесс идет дальше, иначе такой корректор отмечается неактивным и исключается из процесса снятия матрицы.
- Сформировать, по результатам измерений, матрицу отклика, матрицу с ошибками определения каждого элемента матрицы отклика и информацией об изначальных значениях токов элементов магнитной системы.

Приложение gms (Рисунок 10) предоставляет оператору интерфейс выбора элементов и задания параметров снятия матрицы, информирует о текущем ходе выполнения процедуры, проводит обработку поступающих ей данных и следит за обработкой источника магнитных элементов заданных токов. По завершении процесса пользователь получает снятые матрицы отклика со всей необходимой информацией. Полученные данные можно использовать, как и для проведения калибровки модели ускорителя, так и для правки орбиты (или других параметров пучка) без привязки к модельным расчетам.

Такое программное обеспечение предоставляет специалистам инструмент для детального исследования параметров пучка и влияния, оказываемого на них подсистемами накопителя-охладителя.

Часто, для корректировки параметров ускорителя, требуется задавать изменение токов не в один магнитный элемент, а в несколько, где шаг у каждого отличен от других. Когда подобная операция проходит часто, то появляется необходимость иметь сервис (handles_d), регулярно выполняющий создание т.н. «ручек».

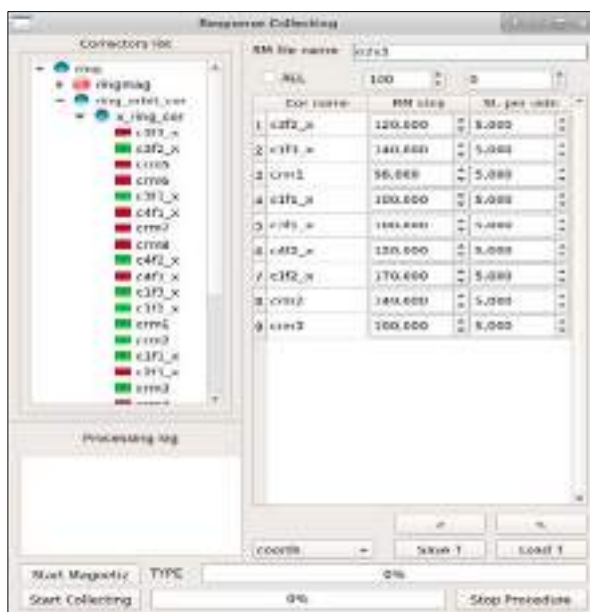


Рисунок 10. Главное окно программы gmc по снятию матрицы накопителя- *HANDLES_D*.

На Рисунке 11 отображено окно управления программы handles, которое позволяет пользователю из дерева устройств инжекционного комплекса выбрать нужные и задать персональное изменение тока при шаге. По нажатию кнопки «Add» подается команда handles_d на формирование этой «ручки» и добавление ее к уже существующим. Выделяя нужную можно получить информацию об элементах и шагах, содержащиеся в ней, а также выполнить процесс сдвига в двух вариантах: либо на единичный шаг, либо на опциональный, с заданным множителем.



Рисунок 11. Главное окно программы handles по созданию «ручек».

Формировать «ручку» можно не только из окна программы handles, но и отослав команду специального вида handles_d. После ее получения «ручка» будет сформирована, а таблица, содержащаяся в ней будет обновлена у всех пользовательских программ. Именно такой возможностью пользуется gmc_prgoc – обработка снятой матрицы отклика. В окне этого приложения (Рисунок) выбирается матрица, отрисовываются ее сингулярные числа, и, по выбранному пользователем числам, происходит вычисление обратной матрицы. Далее, после задания необходимого смещения орбиты, рассчитывается «ручка», выполняющая сдвиг, и передается в handles_d.

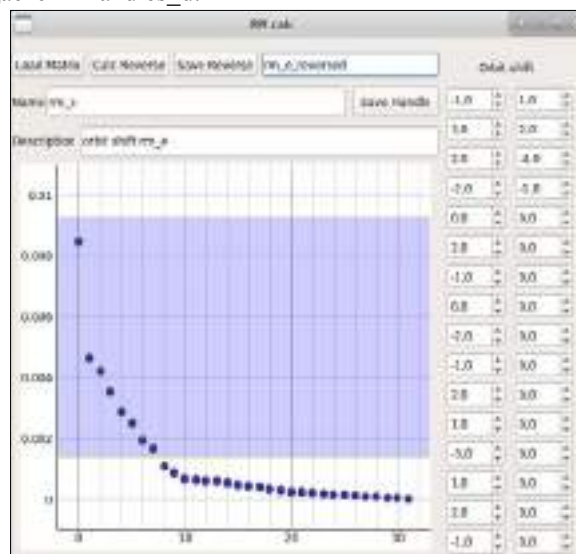


Рисунок 12. Главное окно программы gmc_prgoc по обработке снятой матрицы.

Созданными «ручками» может пользоваться не только оператор комплекса, но и другие программы. Один из таких примеров – inj_resp, которая снимает карту инжекции в зависимости от бетатронных частот накопителя. Для этого необходимо выбрать «ручку», с помощью которой можно изменять частоты, и регистрировать изменение захватываемого количества частиц при каждом сдвиге. Такая процедура позволяет определить, не существует ли поблизости от текущих значений БЧ других, где инжекция будет лучше.

В итоге, для инжекционного комплекса было реализовано программное обеспечение по контролю параметров пучка и созданы службы, позволяющие автоматизировать работу с ускорителем. Они покрывают широкий спектр задач, начиная от обработки данных с датчиков положения пучка и их отображения, заканчивая снятием матрицы отклика накопителя-охладителя и формированием «ручек». Эти инструменты позволяют проводить эксперименты по изучению параметров пучка, влиянию на них подсистем ускорителя, что опосредованно можно использовать и как способ для изучения самих этих подсистем.

В совокупности эти разработки направлены на поиск оптимальной оптики и орбиты накопителя-охладителя, автоматизацию управления параметрами комплекса, повышение его эффективности и стабильности.

Модернизация системы диагностики потерь пучка заряженных частиц в каналах транспортировки К-500.

Инжекционный комплекс обеспечивает работу двух действующих коллайдеров ИЯФ СО РАН: ВЭПП-4М и ВЭПП-2000. Получая и накапливая пучки с энергией до 430 МэВ и интенсивностью 1011 частиц, комплекс транспортирует их до потребителей по каналам К-500.

С целью улучшения коэффициента перепуска и стабильности транспортировки высокоэнергетических пучков электронов и позитронов до коллайдеров было предложено разработать и внедрить систему диагностики потерь пучка в каналах выпуска электронов и позитронов. В качестве такой системы выбраны распределенные датчики потерь пучка на основе черенковского излучения в оптоволокне.

На данном этапе работ система диагностики потерь пучка была модернизирована: к уже имеющемуся датчику в электронном канале выпуска в направлении коллайдера ВЭПП-4М, был добавлен датчик в позитронном канале в направлении коллайдера ВЭПП-2000. Таким образом, появилась возможность контролировать потери пучка для каждого сорта частиц в процессе настройки режимов выпуска и транспортировки частиц до коллайдеров ИЯФ СО РАН. Также было доработано программное обеспечение для обработки сигналов датчика потерь пучка.

Расположение датчиков потерь пучка

Распределенные датчики потерь пучка за счет своей конструкции покрывают большие участки ускорителя и позволяют прокладывать их вплотную к вакуумной камере, внутри магнитных элементов. Как показано на Рисунок 13 один датчик (красным) расположен в электронном канале выпуска и начальной части канала до ВЭПП-4М, другой (синим) – был протянут вдоль позитронного выпускного канала начальной части канала до ВЭПП-2000.

Для канала выпуска электронов из накопителя-охладителя в сторону ВЭПП-4М было выбрано кварцевое многомодовое оптоволокно со ступенчатым профилем показателя преломления марки «Thorlabs» (FG550UEC) длиной 50 м. Расчетное значение дисперсии – 0,20 нс/м. Для канала выпуска позитронов из накопителя-охладителя в сторону ВЭПП-2000 было выбрано пластиковое многомодовое оптоволокно со ступенчатым профилем показателя преломления марки «Broadcom» (HFBR-RUS), длиной 50 м. Расчетное значение дисперсии – 0,25 нс/м. Для достижения наилучшего пространственного разрешения датчиков, световой сигнал регистрируется с торца, противоположного направлению движения пучка.

В качестве фотодетектора выбран ФЭУ на МКП, время нарастания фронта которого составляет 3,5 нс, длительность импульса анодного тока (полуширина) – 3,5 нс. Сигнал оцифровывается при помощи осциллографов ADC200 и частотой дискретизации 200 Мвыб/с и полосой пропускания 150 МГц. Запуск АЦП осуществляется внешним синхроимпульсом, привязанным к моменту выпуска пучка из НО.

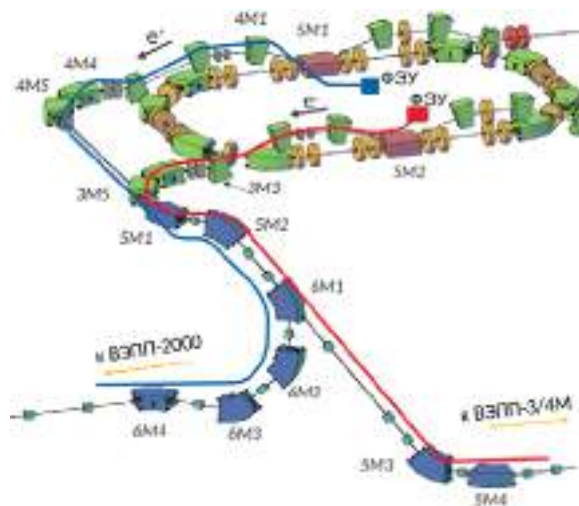


Рисунок 13. Перепускные каналы для позитронов и электронов в составе Инжекционного комплекса (обозначены стрелками).

Программа контроля потерь пучка

По сравнению с прошлым годом программное обеспечение для обработки сигналов с оптоволоконного датчика потерь пучка было улучшено. На Рисунке 14 показано основное окно программы с типичным выводом данных распределения потерь пучка в каналах выпуска и транспортировки К-500.

Для удобства восприятия цветом обозначается область места потери пучка на участке ускорителя и выводится информация о количестве потерянных частиц от общего числа частиц в пучке в процентном соотношении. Количество частиц рассчитывается исходя из калибровочных коэффициентов, полученных при помощи численного моделирования и расчетов физических процессов, положенных в основу принципа работы оптоволоконного датчика потерь пучка.

Порядок величины потерь частиц пучка при транспортировке совпадает с расчетными значениями.

В соответствии с конфигурацией двух оптоволоконных линий в каналах выпуска, как показано на Рисунке 14, для режимов «р2v4» (выпуск и транспортировка позитронов потребителю ВЭПП-4М) и «e2v2» (выпуск и транспортировка электронов потребителю ВЭПП-2000) результирующий сигнал является комбинацией частей сигналов с разных датчиков: от септуммагнита до магнита «6M1» используется первый, а второй от «6M1» до места окончания оптоволоконного кабеля в направлении одного из потребителей.

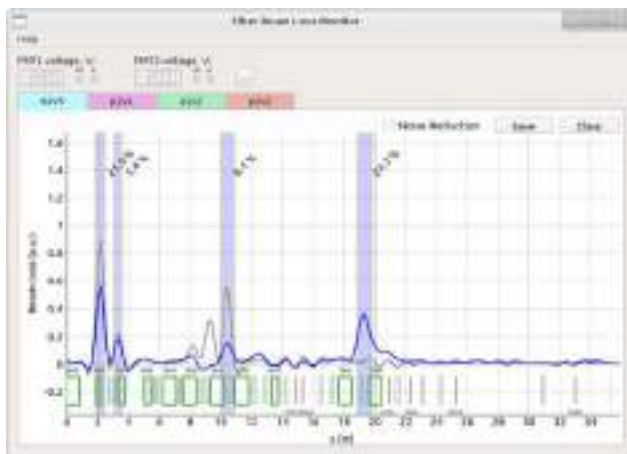


Рисунок 14. Перепускные каналы для позитронов и электронов в составе Инжекционного комплекса (обозначены стрелками).

Результаты измерений потерь пучка позитронов

Так как накопление позитронов занимает больше времени чем накопление электронов, повышение стабильности и надежности их транспортировки до потребителей представляет больший интерес.

На Рисунке 15 показано окно программы с распределением потерь пучка в процессе настройки выпуска позитронов по каналу К-500 в направлении ВЭПП-2000. Путем настройки основного поля и дипольной коррекции в поворотных магнитах удалось избавиться от значительных потерь частиц в области магнитов первой половине спуска в тоннель, и добиться прохождения пучка с меньшими потерями в области магнитов «6М2» и «6М3».

В результате проделанной работы был разработан оптоволоконный датчик потерь пучка и введен в эксплуатацию в начальной части каналов перепуска пучка к потребителям. Оптимизация параметров элементов датчика позволила получить пространственное разрешение датчика около 1 м. В результате моделирования и расчетов физических процессов, положенных в основу принципа работы оптоволоконного датчика потерь пучка, были рассчитаны калибровочные коэффициенты для датчиков. Расчетная абсолютная величина потерь пучка получилась верной по порядку величины. Созданная клиентская программа с позволяет оператору ускорительного комплекса в режиме реального времени отслеживать распределение потерь пучка вдоль выбранного участка ускорителя и помогает настраивать прохождение пучков по каналам К-500 до потребителей.

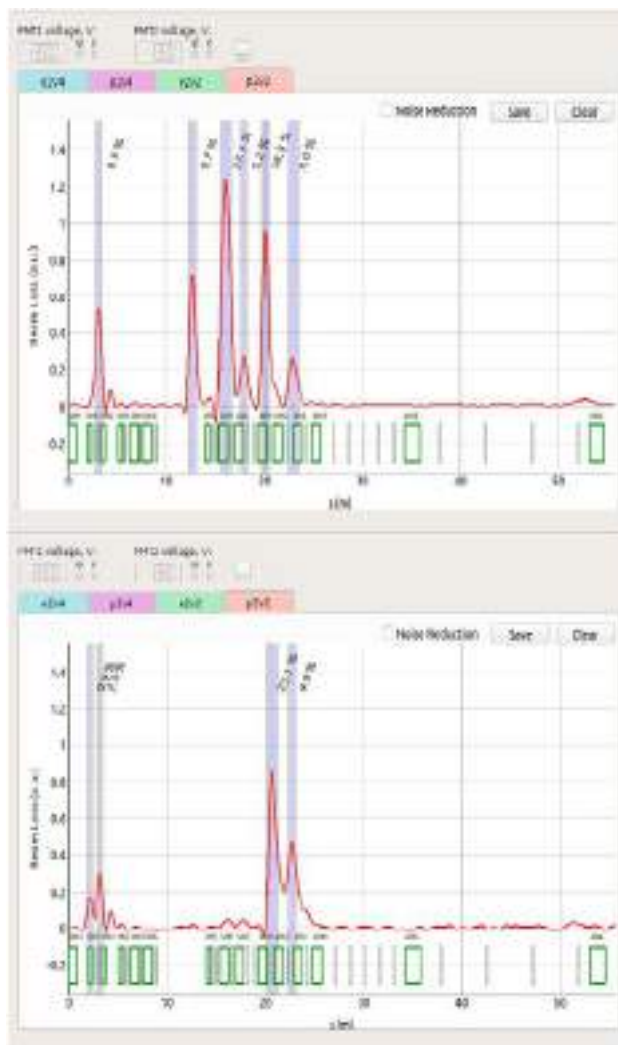


Рисунок 15. Окно вывода данных распределения потерь пучка позитронов по каналу К-500 в направлении ВЭПП-2000: до настройки выпуска (сверху), в процессе настройки (снизу).

Разработка генератора высоковольтных наносекундных прямоугольных импульсов на основе SOS-диода и псевдоискровых тиратронов для питания пластин инфлектора инжекционного комплекса.

Основная задача системы впуска-выпуска ИК ВЭПП-5 состоит в том, чтобы при впуске пучка в накопитель-охладитель осуществить компенсацию горизонтального импульса пучка с наименьшими потерями частиц, а затем осуществить выпуск частиц из накопителя-охладителя для дальнейшей транспортировки пучка к потребителю. Форма импульсов, близкая к прямоугольной, является необходимой для получения минимальных потерь пучка при перепусках. Чтобы не воздействовать на впускаемый пучок на втором обороте, длительность импульса инфлектора по основанию не должна превышать период обращения частиц в

накопителе-охладителе ($\sim 91,5$ нс). Кроме того, высокие требования предъявляются к временной стабильности генерируемых импульсов и крутизне его фронтов.

Инфлекторы накопителя-охладила выполнены в виде симметричной полосковой линии, где каждый запитывается парой импульсов противоположной полярности и работает в режиме квази-бегущей волны. Время нарастания и спада этих импульсов достигают величины близкой к времени обращения пучка. Питающий инфлекторы генератор выполнен на основе искусственной двойной формирующей линии (ДФЛ) типа Блюмляйна. В качестве высоковольтных коммутаторов используются водородные тиратроны ТГИ1-2500\50.

У данного генератора существует несколько существенных недостатков, осложняющих работу с ним в рамках поставленных задач:

Проблема получения коротких (~ 20 нс) импульсных фронтов в виду принципиальных ограничений схемы. Используемые ДФЛ собраны из последовательных LC-звеньев, следовательно, минимально возможная длительность фронтов определяется постоянной времени одного звена. Параметры этого звена определяются условиями работы схемы и закладываются на этапе её проектирования, поэтому не могут быть изменены в дальнейшем.

1) Дополнительно длительность фронтов затягивается за счёт влияния коммутационной характеристики тиратронов ТГИ1-2500\50, которая не позволяет получать фронты короче 50 нс.

2) Малое время жизни тиратронов ТГИ1-2500\50 в условиях формирования импульсов с предельно короткими для них фронтами и их труднодоступность.

Для ликвидации указанных недостатков используемой на данный момент схемы, был разработан проект источника высоковольтных наносекундных прямоугольных импульсов на основе SOS-диода и псевдоискровых тиратронов.

Описание проекта источника

Для генерирования мощных наносекундных импульсов наиболее распространены два подхода, отличающиеся друг от друга способом накопления энергии.

Первый способ основан на накоплении энергии электрического поля в емкостных накопителях, в качестве которых используются низкоиндуктивные конденсаторы и формирующие линии, где используются замыкающие коммутаторы. На этом принципе основана схема источника питания инфлекторов, которая используется в ИК ВЭПП-5 на данный момент.

Во втором способе накопление энергии происходит в магнитном поле индуктивного контура с током. Здесь используются прерыватели тока. Основной сложностью в использовании индуктивных накопителей энергии является проблема быстрого обрыва большого значения импульсного тока, что с технической точки зрения является более сложной задачей, чем соответствующая коммутация. В качестве прерывателей в таких

случаях применяются плазменные, твердотельные и на основе электрически-взрывающихся проволочек.

В условиях, требуемых для реализации необходимого качества впуска-выпуска пучка, первые два типа коммутаторов не могут быть использованы по причине низкой частоты повторений и быстрой эрозии электродов (в случае плазменных прерывателей тока), а также по причине неспособности работать в частотном режиме (в случае прерывателей на основе электрически-взрывающихся проволочек). Использование твердотельных прерывателей тока в схемах мощных импульсных генераторов на основе индуктивного накопителя энергии является наиболее перспективным, поскольку позволяет разработать устройства с высокими удельными характеристиками и практически неограниченным сроком службы.

В данной работе в качестве твердотельного коммутатора используется SOS-диод производства Института Электрофизики УрО РАН. Эти приборы позволяют получать крутые фронты на нагрузке, обрывая протекающий через них ток, составляющий несколько килоампер на квадратный сантиметр. Это явление наносекундного обрыва сверхплотного тока получило название SOS-эффекта.

Принципиальная схема представляет собой два накопительных контура (Рисунок 16), генерирующих токи разной полярности, подключённые на общую нагрузку, которая, в свою очередь, включена параллельно SOS-диоду. Подбирая параметры колебательных контуров, и, соответственно, временные и токовые параметры накачки SOS-диода, можно реализовать схему, позволяющую без дополнительных элементов коррекций получать прямоугольные импульсы на нагрузке длительностью ~ 50 нс, что в данном случае удовлетворяет условиям технического задания.

В качестве коммутаторов Sw1 и Sw2 используются псевдоискровые тиратроны ТПИ-10к\50 (Рисунок 17) производства фирмы Pulsed Technologies, г. Рязань.

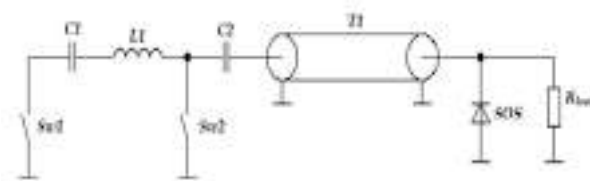


Рисунок 16. Принципиальная схема источника прямоугольных импульсов напряжения для питания инфлекторов ИК ВЭПП-5 на основе SOS-диода.



Рисунок 17. Псевдоискровой тиратрон ТПИ-10к\50 и линейка SOS-диодов.

Исследование проектного источника питания инфлекторов Инжекционного Комплекса (ИК)

Был собран стенд по схеме с разделёнными контурами прямой и обратной накачки, с накопительной линией в виде промежуточного индуктивного накопителя (Рисунок 18). Параметры SOS-диода представлены в Таблица 5.

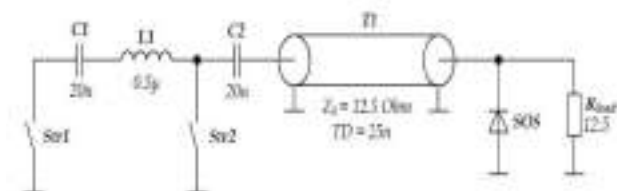


Рисунок 18. Схема испытательного стенда на нагрузку 12,5 Ом.

Таблица 5. Параметры SOS-63-5.

Параметр	Значение
Амплитуда импульсного тока прямой накачки	0,4-1 кА
Амплитуда импульсного тока обратной накачки	2-5 кА
Длительность импульса тока прямой накачки	200-500 нс
Длительность импульса тока обратной накачки	40-100 нс
Время обрыва тока	10-30 нс

Была исследована часть диапазона указанных параметров, но выходной импульс напряжения на нагрузке во всех случаях имел неудовлетворительную форму (Рисунок 19).

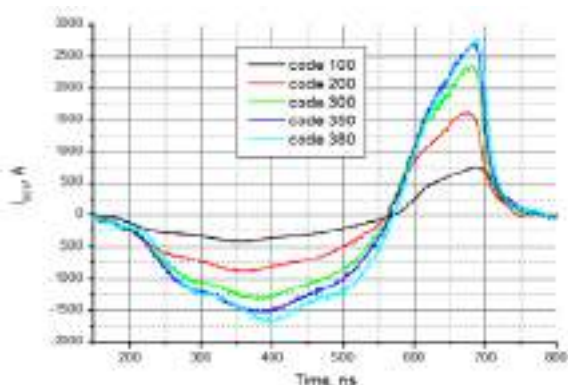


Рисунок 19. Семейство осциллограмм тока диода при испытании на нагрузку 12,5.

Амплитуда тока прямой накачки диода изменялась в диапазоне 0,4 – 1,7 кА с шагом 0,15 – 0,5 кА (0,42 кА; 0,88 кА; 1,33 кА; 1,53 кА; 1,67 кА). Длительность прямой накачки составила 400 нс.

Амплитуда тока обратной накачки диода менялась в диапазоне 0,7 – 2,7 кА с шагом 0,1 – 0,9 кА (0,76 кА; 1,61 кА; 2,32 кА; 2,71 кА; 2,81 кА). Длительность обратной накачки составила 100 нс.

Видно, что, хотя диод должен находиться в режиме быстрого обрыва тока (заявленные производителем

10 – 30 нс), этого не происходит. Даже в случае максимального тока (из представленных) время спадания обратного тока до нуля составляет 95 нс, а по уровню 10 – 90% от максимальной амплитуды – 32 нс. Такой режим работы диода приводит к тому, что плоская вершина импульса напряжения на нагрузке приобретает сильный наклон (Рисунок 20).

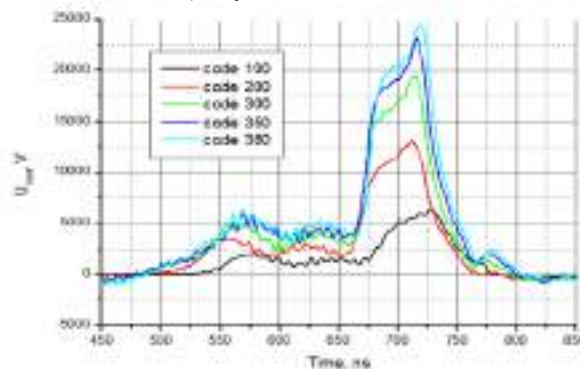


Рисунок 20. Семейство осциллограмм напряжения на нагрузке 12,5 Ом диода SOS-63-5.

Из осциллограмм напряжения на нагрузке видно, что импульс имеет своеобразный «пьедестал», составляющий около 25% от амплитуды импульса. Он является характерной чертой SOS-диодов, но в экспериментах с диодом с вдвое меньшей площадью поперечного сечения этот пьедестал был по крайней мере вдвое меньше (в процентном соотношении). Из дальнейших экспериментов стало ясно, что упомянутый «пьедестал» зависит от величины сопротивления нагрузки (в данной схеме – 12,5 Ом). Из обсуждения полученных результатов с производителем стало ясно, что эти диоды никогда не испытывались на нагрузках, отличных от 50 Ом.

Таким образом, мы столкнулись с неисследованной ранее научной проблемой, решить которую в заданных условиях не удалось. Было решено начать модернизировать схему стенда таким образом, чтобы по возможности уменьшить величину «предимпульса».

С этой целью в схему вместо диода SOS-63-5 был установлен диод с вдвое меньшей площадью поперечного сечения. Ниже представлены полученные осциллограммы тока в диоде и импульса напряжения на нагрузке (Рисунок 21).

Из полученных осциллограмм видно, что время коммутации равно примерно 25 нс. При зарядном напряжении Code = 250 заметно, что время коммутации начало уменьшаться до 12 нс (почти вдвое).

Из осциллограмм напряжения на нагрузке понятно, что перед импульсом имеется «пьедестал», такой же по величине (Рисунок 22).

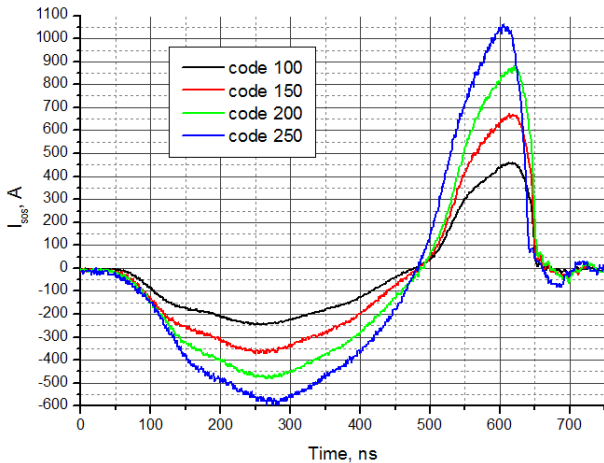


Рисунок 21. Семейство осциллограмм тока диода с вдвое меньшей площадью поперечного сечения при испытании на нагрузку 12,5 Ом.

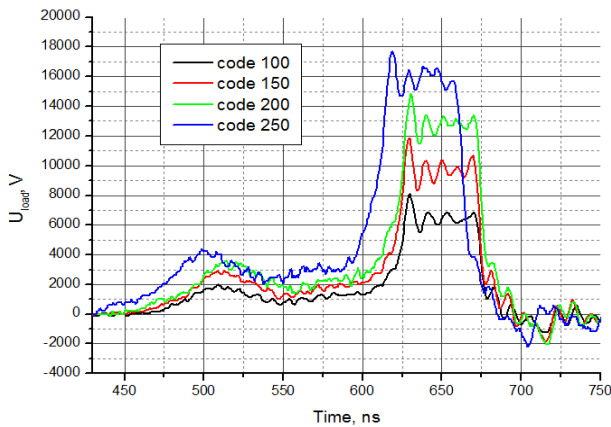


Рисунок 22. Семейство осциллограмм напряжения на нагрузке 12,5 Ом при испытании диода с вдвое меньшей площадью поперечного сечения.

Далее схема была видоизменена. Конденсатор $C1 = 30\text{н}$, $C2 = 20\text{н}$. Отсоединены два кабеля, оставлены два (их суммарное волновое сопротивление 25 Ом). Нагрузка изменена на 25 Ом (оставили одну вместо двух параллельных). Схема (Рисунок 23) и осциллограммы тока в диоде и импульса напряжения на нагрузке приобрели следующий вид (Рисунок 24):

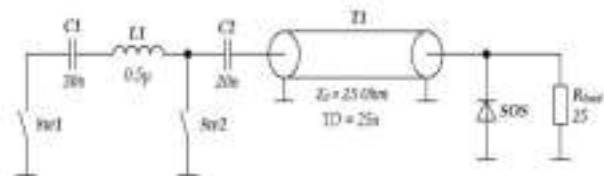


Рисунок 23. Схема испытательного стенда на нагрузку 25 Ом.

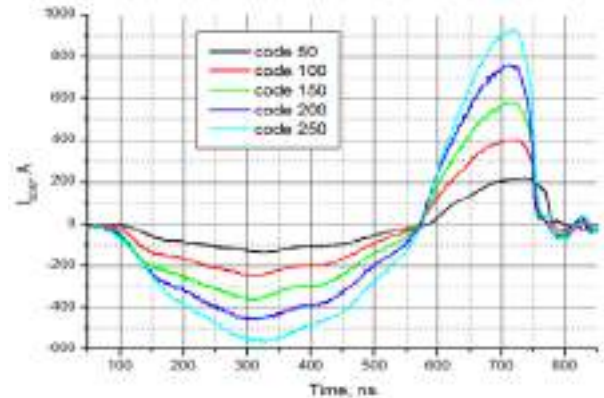


Рисунок 24. Семейство осциллограмм тока диода с вдвое меньшей площадью поперечного сечения при испытании на нагрузку 25 Ом.

Из полученных осциллограмм видно, что время коммутации равно ~ 30 нс. Ток прямой накачки имел длительность 500 нс, его амплитуда варьировалась в диапазоне 150 А – 550 А.

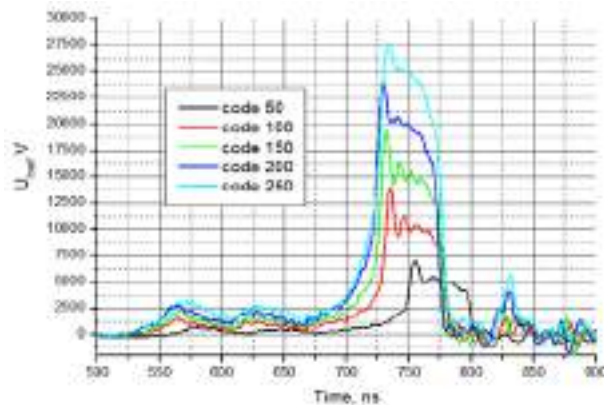


Рисунок 25. Семейство осциллограмм напряжения на нагрузке 25 Ом при испытании диода с вдвое меньшей площадью поперечного сечения.

Ток обратной накачки имел длительность 180 нс, и варьировался в диапазоне 200 А – 900 А. Время коммутации для зарядных напряжений Code = 50, 100, 150, 200 и 250 составило соответственно: $\Delta 1 = 26$ нс; $\Delta 2 = 24$ нс; $\Delta 3 = 30$ нс; $\Delta 4 = 24$ нс; $\Delta 5 = 30$ нс.

Из осциллограмм напряжения на нагрузке (Рисунок 25) видно, что перед импульсом всё ещё имеется пьедестал, хотя и вдвое меньший, чем в схеме с вдвое меньшей нагрузкой. В предыдущем эксперименте он составлял 25% от максимальной амплитуды импульса на нагрузке; теперь – 12,5%. Наблюдается корреляция амплитуды предимпульса с сопротивлением нагрузки.

Далее было решено испытать диод на нагрузке 50 Ом. Отсоединён ещё один кабель, оставлен один (его волновое сопротивление 50 Ом). Схема представлена на Рисунке 26, осциллограммы тока диода на Рисунок 27.

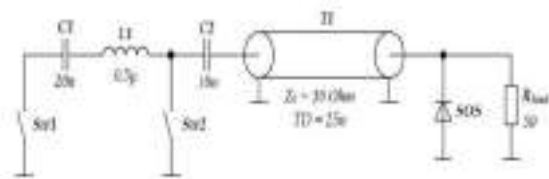


Рисунок 26. Схема испытательного стенда на нагрузку 50 Ом.

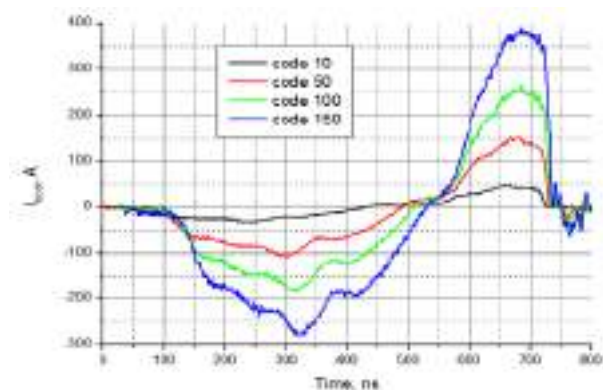


Рисунок 27. Семейство осциллограмм тока диода с вдвое меньшей площадью поперечного сечения при испытании на нагрузку 50 Ом.

Из полученных осциллограмм видно, что время коммутации равно ~ 20 нс.

Из осциллограмм напряжения на нагрузке (Рисунок 28) видно, что перед импульсом пьедестала почти нет. Добавление цепей коррекции и чистовой монтаж позволят получить ещё более гладкие импульсы.

Отдельным вопросом стояла проверка возможности значительной перестройки схемы по напряжению (по заявлению изготовителей диодов, они не предназначены для работы в схемах с большой перестройкой по рабочему напряжению). По условию технического задания схема должна допускать перестройку по напряжению в пределах 10 – 100%. Предварительные эксперименты показывают, что такая перестройка не оказывает существенного влияния на качество работы схемы.

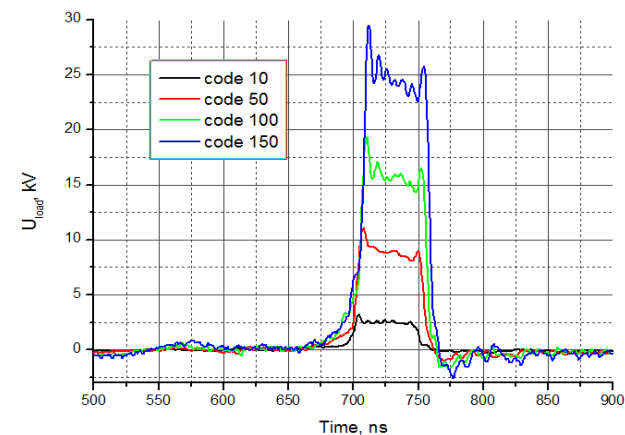


Рисунок 28. Семейство осциллограмм напряжения на нагрузке 50 Ом при испытании диода с вдвое меньшей площадью поперечного сечения.

Учитывая результаты проведённых исследований, можно утверждать, что разработанная схема способна удовлетворять требованиям технического задания при условии, что нагрузкой генератора будет являться активное сопротивление 50 Ом. Поскольку инфлекторы накопителя-охладителя, представляющие собой симметричную полосковую линию с волновым сопротивлением 25 Ом, нагруженную на активное сопротивление 25 Ом, то реализовать необходимый режим работы генератора возможно при одновременном включении сразу двух пластин инфлектора, используя инвертор для одной из них.

Испытания источника

Следующим этапом работы явилось установка собранного образца источника вместо одного из четырёх действующих генераторов, с целью изучения влияния генерируемого им импульса на поведение пучка в накопителе-охладителе. Образец был установлен вместо генератора позитронного удара (Г4). В ходе испытания обнаружилась неспособность драйвера управления сеткой одного из тиратронов работать в необходимых условиях: срабатывала блокировка, вероятно, по причине сильных электромагнитных помех. Драйвер был снят для ликвидации указанной неисправности. Параллельно этому проводилась оценка электрической прочности отдельных узлов генератора, на основе которой производились работы по расчёту конструктивных параметров, и подготавливались чертежи конструктива генератора.

В ближайшей перспективе требуется решить вопрос с самоблокировкой драйвера управления сеткой тиратрона, после чего можно будет приступить к изучению влияния импульса нового генератора на поведение пучка позитронов в накопителе-охладителе и корректировке схемы, если таковая потребуется.

Обзор работ, выполненных на предыдущих этапах проекта

В ходе работ предыдущих этапов НИР был проведен анализ параметров Инжекционного комплекса, достигнутых с момента запуска в эксплуатацию в 2015 году. Был составлен комплекс мероприятий, которые позволили достичь требуемой производительности: оптимизация режимов работы линейных ускорителей, конверсионной системы и каналов инжекции части, режимов захвата и накопления пучков частиц в накопитель-охладитель (НО), режимов выпуска и транспортировки полученных пучков до установок-потребителей; модернизация системы управления и сетевой инфраструктуры Инжекционного комплекса (ИК).

В 2017 году в процессе нормальной эксплуатации комплекса производилась регулярная подстройка режимов работы кольца накопителя-охладителя. В результате такого подхода достигнут рекордный на данном этапе темп накопления позитронов в кольце: 7 мА/с, что составляет порядка $5 \cdot 10^9$ частиц в секунду

при номинальной частоте повторения цикла инъекции: 12,5 Гц и 2,3 мА/с - при частоте 5 Гц, что соответствует $1,65 \cdot 10^9$ частиц.

Модернизация ВЧ-системы.

С целью увеличения темпа накопления частиц, а в особенности – позитронов, для НО ИК ВЭПП-5 был предложена новая ВЧ-система (резонатор первой гармоники, Рисунок 29) на частоте обращения накопи-

теля-охладителя – 10,9 МГц. Новый резонатор был изготовлен, прошёл рабочие испытания и во время плановой летней остановки 2017 года был установлен на накопитель. Для резонатора разработана и установлена новая система питания, создано соответствующее программное обеспечение. Эксперименты по измерению коэффициента захвата частиц из линейного ускорителя в НО показали двукратное увеличение коэффициента захвата по сравнению с предыдущей системой ВЧ 700 МГц.

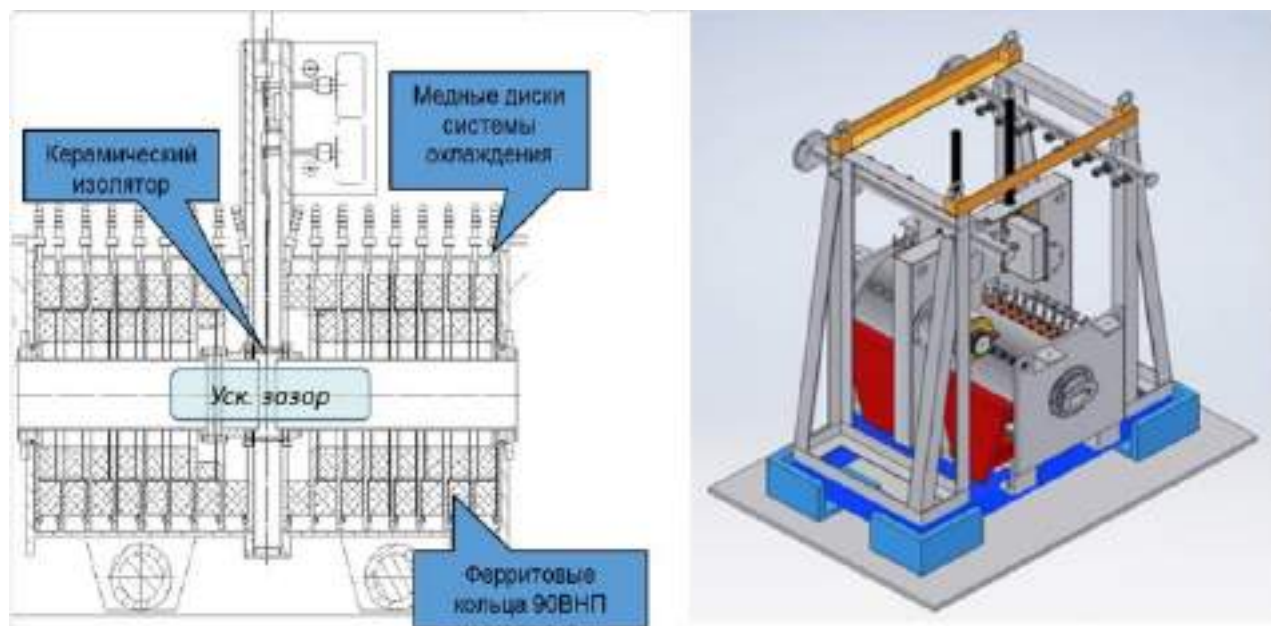


Рисунок 29. Схема резонатора новой ВЧ-системы (слева) и общий вид резонатора.

Модернизация системы диагностики и измерения параметров пучка.

После запуска ИК в эксплуатацию стала очевидной необходимость частичной модернизации системы диагностики и измерения параметров пучка. Был изготовлен прототип, а затем комплект электроники (Рисунок 30) на современной элементной базе, отвечающей современным требованиям и задачам диагностики на кольце накопителя-охладителя. В конце 2017 года готовые блоки новых пикап-станций были собраны, настроены, проверены и переданы в эксплуатацию на Инжекционный Комплекс ВЭПП-5. Было проведено внедрение электроники пикап-станций в систему управления ИК, тестирование возможностей новой системы диагностики при работе с пучком. Были проведены предварительные измерения разрешающей способности, достигаемых точностей, динамического диапазона электроники при работе с пучком. Разрешающая способность составила 5-20 мкм для пооборотных измерений, в зависимости от тока пучка и <1-3 мкм в многооборотном режиме.

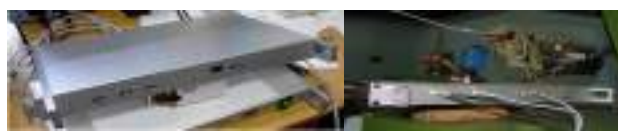


Рисунок 30. Прототип блока электроники на измерительном стенде (слева) и на кольце накопителя-охладителя.

Автоматизация рабочих режимов ИК.

Для функционирования ИК как источника электронов и позитронов для ВЭПП-2000 и ВЭПП-3 необходимо было минимизировать время смены режимов работы и накладные расходы системы управления. В работе всего используется 4 режима: электроны на ВЭПП-4М, позитроны на ВЭПП-4М, электроны на ВЭПП-2000 и позитроны на ВЭПП-2000. Разработана и реализована в системе управления ИК процедура автоматического переключения режимов (Рисунок 31), с учетом необходимости намагничивания/размагничивания отдельных элементов перепускных каналов.



Рисунок 31. Схемы переключений режимов работы на ИК.

Улучшение стабильности работы ИК.

Важнейшим результатом, полученным в ходе выполнения работы в 2018 году, является получение и стабильное поддержание крейсерского режима работы с электронами и позитронами на оба коллайдера ИЯФ СО РАН: ВЭПП-4М и ВЭПП-2000. В рамках текущей эксплуатации и настройки рутинных режимов работы Инжекционного Комплекса был значительно увеличен темп накопления позитронов в кольце накопителя-охладителя, который составил 15 мА/с при частоте инжекции 5 Гц.

Для улучшения согласования электронно-оптических участков конверсионной мишени и линейного ускорителя позитронов в конце 6 ускоряющей секции была установлена одна из изготовленных в ИЯФ квадрупольных линз (Рисунок 32). Это позволило на 15-20% увеличить темп накопления позитронов в кольце накопителя-охладителя.



Рисунок 32. Квадрупольная согласующая линза, установленная на линейном ускорителе ИК.

Модернизация системы управления Инжекционного комплекса.

Была произведена существенная модернизация IT-инфраструктуры ИК, основной целью которой было повышение надежности работы системы управления комплексом. Для минимизации возможных простоев в IT-инфраструктуре комплекса было реализовано резервирование оборудования и внедрены современные средства виртуализации, позволяющие автоматизировать процесс восстановления после сбоев и существенно упростить обслуживание инфраструктуры.

Сеть Ethernet Инжекционного комплекса построена на управляемых коммутаторах с использованием нескольких VLAN. Ядро сети представляет собой стек из трех коммутаторов, собранных в «кольцо». Серверная часть инфраструктуры включает 4 пары серверов. Всё оборудование сконфигурировано так, что при выходе из строя контроллера или сервера, его функции берут на себя дублирующие элементы системы. На всех серверах используется система Proxmox VE, позволяющая использовать полную (KVM) и контейнерную (LXC) виртуализацию. Все рабочие задачи системы управления решаются при помощи виртуальных машин, доступ оператора к которым может быть осуществлен с любой из 3 пультовых рабочих станций, общая корневая файловая система пультовых машин размещена на специализированном NFS-сервере. Для размещения рабочих терминалов в отдельных помещениях ИК использованы компьютеры Raspberry Pi 3 B.

Наряду с модернизацией сетевой инфраструктуры ИК, разработан ряд инструментов для оперативного управления комплексом. Создано программное обеспечение, позволяющее сохранять и восстанавливать рабочие режимы ИК, управляющее циклом «накопление-выпуск» и осуществляющее переключение между различными режимами работы.

Исследования продольной динамики пучка в накопителе-охладителе

После замены резонатора ВЧ-системы на накопителе-охладителе ИК в 2017 году, были проведены исследования продольной динамики пучка в НО с помощью диссектора и стрик-камеры. Информация о продольных размерах накопленного пучка необходима для настройки оптимальных режимов выпуска пучка в транспортные каналы К-500.

Для исследования параметров пучка накопителя-охладителя (НО) Инжекционного Комплекса ВЭПП-5 во время инжекции и охлаждения, а также после, была использована стрик-камера PS-1/S1. С её помощью изучен процесс перегруппировки пучка после инжекции из линейного ускорителя и захвата в сепаратрису НО. Установлено, что время перегруппировки пучка в одногустковое состояние значительно меньше характерного времени радиационного затухания, что связано либо с раскогеренированием синхротронных колебаний, либо с коллективными эффектами.

Произведены измерения длины охлажденного пучка в зависимости от тока (Рисунок 33). Аппроксимация данных с использованием модели искажения по-

тенциальной ямы пучком позволяет вычислить значение мнимой части широкополосного нормированного продольного импеданса связи вакуумной камеры накопителя-охладителя ИК, которое составляет $6,15 \pm 0,18$ Ом.

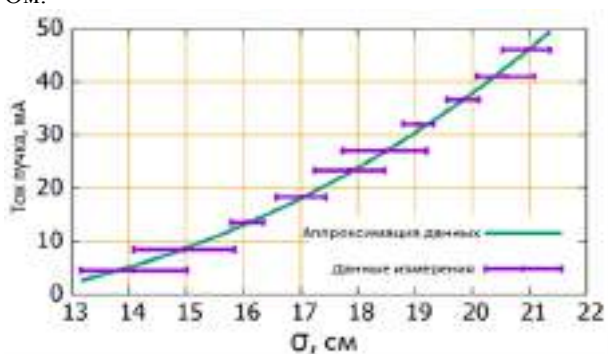


Рисунок 33. Аппроксимация зависимости длины пучка от его тока.

Диссектор был смонтирован для постоянной работы на накопителе ИК. Для него создано программное обеспечение, реализующее обработку полученных (через сервер) данных и управление ВЧ-системой диссектора, а информация о результатах доступна оператору ИК.

Диссектор также, как и стрик-камера, был использован для измерения длины пучка в зависимости от его тока и напряжения ВЧ-резонатора. Его величина мнимой части импеданса связи составила $5,71 \pm 0,5$ Ом.

Изучение длины сгустка и отклонения продольного распределения пучка от нормального распределения Гаусса в зависимости от тока пучка показали, что, во-первых, при больших токах необходимо использовать модель, учитывающую искажение потенциальной ямы пучком, и во-вторых, что при перепуске в бустер ВЭПП-2000 ток пучка ограничен значением 150 мА. Длина пучка с током больше 150 мА превышает размер сепаратрисы БЭП.

На данном этапе работы ИК коллективные эффекты не являются ограничением для накопления больших токов в НО, а также для увеличения длины импульса электронной пушки или интенсивности пучка в линейном ускорителе.

Также была изучена зависимость смещения синхронной фазы пучка от тока в сгустке. Из полученной зависимости найдено значение действительной части продольного импеданса связи $15,68 \pm 0,47$ Ом.

В 2018 году завершён ввод в эксплуатацию системы диагностики пучка с помощью датчиков положения. Всё необходимое оборудование произведено, настроено и установлено на кольцо накопителя-охладителя. Написана программа для операторов ИК, отображающая положения пучка вдоль кольца.

Модернизация оборудования Инжекционного комплекса

В 2019 году выполнена модернизация части источников питания ИК. Проведена частичная замена устаревших источников питания магнитной системы типов В-300, В-1000, В-2000 на современные источники типа

ВЧ-500, ВЧ-1000, ВЧ-1300, изготовленные в ИЯФ СО РАН. Переход от тиристорных источников к источникам с высокочастотным преобразованием позволил радикально уменьшить размеры, вес, стоимость, время обслуживания, повысить КПД источников постоянного тока. Замена источников выполнена в следующем объеме:

1. Заменяли 9 источников В-300 на ВЧ-500.
2. 8 источников В-1000 на ВЧ-1000.
3. Источник В-2000 на два параллельно соединенных источника ВЧ-1300.

Развитие программного обеспечения системы управления Инжекционного комплекса

Была продолжена модернизация системы управления. На момент начала 2019 года практически всё ПО было построено на фреймворке CXv4, но часть клиентских приложений использовала EPICS, TANGO и VCAS. Для всех сторонних фреймворков были реализованы клиентские модули, благодаря чему у программ прикладного уровня CXv4 появилась возможность прямого доступа к данным других систем управления. Из менеджера состояний ИК была исключена поддержка EPICS, а использовавшие его приложения были заменены на аналоги, созданные на основе CX4.

Переработана система хранения данных о состоянии ускорителя. Для хранения данных используется СУБД PostgreSQL, где в одной базе данных (БД) хранится общая конфигурационная информация и в другой - данные менеджера режимов. В такой конфигурации значительно сокращается время обработки запросов данных. Данные сохраненных режимов переведены в вид JSONB документов, что позволило примерно в 3 раза уменьшить количество занимаемого дискового пространства (с учетом индексирования внутренней структуры документов) и время загрузки полного состояния машины сократилось до 80 мс.

Начата работа по созданию программного обеспечения системы диагностики пучка на основе новых станций датчиков положения пучка (пикап-станций) накопителя-охладителя. Задачи нового ПО: проведение широкого спектра работ по калибровке и настройке ускорителя, повышение его производительности и стабильности работы. В ПО пикап-станций были включены:

1. Предобработка данных с пикап-станции.
2. Сбор откликов орбиты.
3. Отображение текущей и сохраненной орбиты.
4. Отображение координаты, тока пучка и бета-тронных частот.

Блок номер 1 является основным, так как именно он получает исходные данные с пикап-станции, производит их обработку и отправляет остальным модулям в том виде, который необходим им для работы. Модуль 2 используется для сбора данных при изучении электроно-оптической модели НО, остальные модули служат для контроля за орбитой и прочими параметрами пучка в режиме реального времени, с отображением сохраненного состояния, что помогает оператору отслеживать и корректировать изменения в настройках машины.

Исследования продольной динамики пучка в накопителе-охладителе

Проведено подробное исследование процесса захвата пучка из линейного ускорителя в накопитель-охладитель и его перегруппировки. Для измерений использовалась стрик-камера. Исследовалась динамика изменения продольного профиля пучка (Рисунок 34) в зависимости от количества оборотов в НО и его сравнение с моделью, учитывающей влияние импеданса связи.

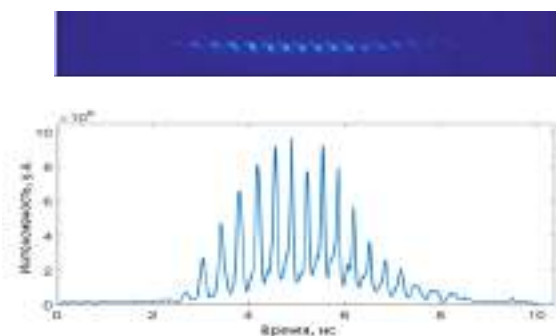


Рисунок 34. Продольный профиль пучка, полученный на выходе линейного ускорителя.

Установлено, что время перегруппировки пучка значительно меньше времени радиационного затухания, что связано с влиянием микроволновой неустойчивости на процесс. Порог возникновения неустойчивости оценен как 1,62 А для значения пикового тока, что сравнимо со средним значением пикового тока банчей пучка, инжектируемого в НО из линейного ускорителя. В то же время, накопленный пучок слишком длинный, чтобы микроволновая неустойчивость привела к возбуждению колебаний и потерям частиц.

Разработка предложений по модернизации системы диагностики пучка в каналах инжекции

Предложено размещение новых датчиков положения пучка (ДПП) в перепускных каналах из линейного ускорителя в накопитель-охладитель. Использование электростатических ДПП вместо люминофорных пробников позволит, во-первых, существенно сократить время проводки пучка, во-вторых, использование данных с нескольких последовательно расположенных ДПП позволит вычислить положение пучка в канале при инжекции и параметры электронно-оптической модели. При стабильной энергии пучка, получаемого из линейного ускорителя, минимальное число датчиков в канале, позволяющее получить информацию о пучке – 2, в случае возможного изменения энергии инжектируемого пучка, потребуется не менее 3 ДПП в канале. Вариант размещения ДПП в инжекционных каналах показан на Рисунке 35.

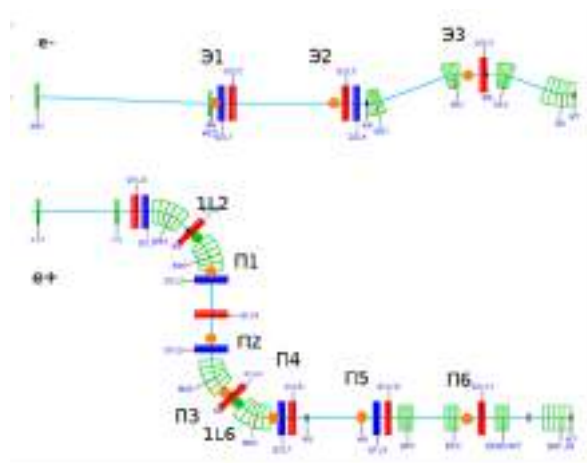


Рисунок 35. Вариант возможного размещения в каналах новых датчиков положения пучка (оранжевые точки). Зеленые точки — места расположения люминофорных пробников 1L2 и 1L6 ускорителя.

Установка систем диагностики потерь в каналы транспортировки частиц К-500

Для контроля потерь пучка при перепуске на коллайдеры ВЭПП-3/4 и ВЭПП-2000, в дополнение к системе разрушающей диагностики пучка с использованием люминофорных пробников, была предложена неразрушающая система диагностики в виде распределенного датчика потерь на основе излучения Вавилова-Черенкова в оптоволокне. Для использования оптоволоконного датчика на Инжекционном комплексе были предъявлены требования: 1) высокое пространственное разрешение не хуже 1 м, которое определяется, исходя из расстояния между магнитными элементами ускорителя; 2) радиационная стойкость оптоволоконка, позволяющая эксплуатацию датчика при дозах до 103 Гр; 3) оптимальная стоимость компонентов. Оптимальным вариантом с точки зрения пространственного разрешения, радиационной стойкости и стоимости, было определено кварцевое оптоволокно со ступенчатым профилем показателя преломления и диаметром сердцевинки 550 мкм. Из двух протестированных вариантов фотодетектора был выбран ФЭУ на МКП (производства АО «Катод», г. Новосибирск). Чтобы избежать потерь информации при оцифровке сигналов, следует использовать АЦП с полосой пропускания не менее 200 МГц и частотой дискретизации не менее 500 Мвыб/с.

Система диагностики потерь пучка заряженных частиц была установлена в канале транспортировки К-500 в направлении коллайдера ВЭПП-4М. Для обработки сигналов с АЦП, создано программное обеспечение, которое позволяет оператору в режиме реального времени настраивать режим работы ускорителя, отслеживая распределение потерь пучка вдоль структуры ускорителя (Рисунок 36). Программа синхронизована с режимом комплекса (сорт частиц/потребитель).

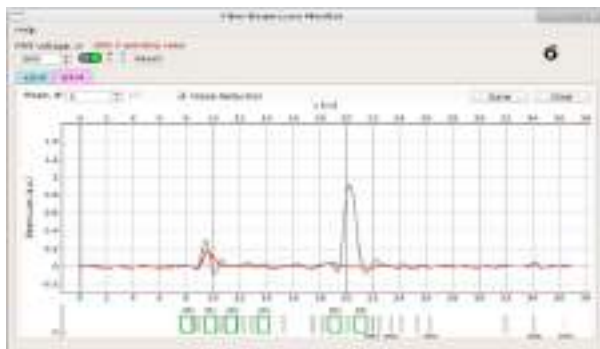


Рисунок 36. Окно вывода данных для распределения потерь пучка по каналу К-500 в направлении ВЭПП-4М в процессе наладки выпуска позитронов.

Заключение

Развитие базового программного обеспечения системы управления Инжекционного Комплекса велось в двух основных областях: усовершенствование фреймворка CXv4 и расширение поддержки управляюще-измерительной электроники. Во Фреймворк CXv4 были внесены следующие улучшения: добавлено автоматическое преобразование между целочисленными и символьными типами и возможность управления контролем доступа по сети к CX-серверу; реализована возможность захвата каналов в монопольное использование, а также оптимизирован процесс обновления данных в окнах инженерных программ, работающих на основе библиотек Chl и Cdr; в модуль чтения конфигурации аппаратуры в CX-сервере добавлена поддержка простейших арифметических выражений при указании вещественных чисел.

Велись работы с управляюще-измерительной электроникой, которые заключались в модификация драйвера ядра, обеспечивающего в контроллере BIVME2 обработку IRQ от шины VME, добавлении операции блочного чтения и записи в библиотеку доступа к VME-шине в контроллере BIVME2 и поддержки работы с VME через адаптеры фирмы CAEN; реализация инфраструктуры для передачи через CX видеопотока с видеокamer.

Из средств разработки пультового ПО на базе Python была убрана поддержка Python версии 2.x и улучшены возможности унификации кода, работающего в разных циклах. Был разработан класс векторного канала, включающего некоторые возможности по обработке данных, а также класс, предоставляющий возможности по работе с файловыми дескрипторами в основном цикле CXv4 и создан начальный набор классов для упрощенного отображения осциллографических и исторических данных при помощи библиотеки pyplot.

Кроме того, было реализовано программное обеспечение по контролю параметров пучка и созданы службы, позволяющие автоматизировать работу с ускорителем. Они покрывают широкий спектр задач, начиная от обработки данных с датчиков положения пучка и их отображения, заканчивая снятием матрицы отклика накопителя-охладителя и формированием

«ручек». Эти инструменты позволяют проводить эксперименты по изучению параметров пучка и влиянию на них подсистем ускорителя.

Модернизированная система диагностики потерь пучка заряженных частиц в канале К-500 позволила локализовать места наибольших потерь частиц при перепуске и скорректировать траекторию пучка, уменьшая их.

Для увеличения стабильности инъекции и выпуска пучка разрабатывается новый генератор высоковольтных импульсов на основе SOS-диода. В процессе разработки схемы генератора было проведено исследование его работы на разные типы нагрузки (12,5; 25 и 50 Ом) и была найдена конфигурация схемы, удовлетворяющая основным условиям технического задания: длительности импульса ~50 нс и возможности перестройки генератора по напряжению в пределах 10-100%. В ходе испытаний образца источника, установленного на накопитель вместо одного из четырёх действующих генераторов обнаружилась неспособность драйвера управления сеткой одного из тиратронов работать в необходимых условиях. После устранения этой неисправности планируется приступить к изучению влияния импульса нового генератора на поведение пучка позитронов в накопителе-охладителе и проведение корректировки схемы, если таковая потребуется.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящем отчете применяют следующие сокращения и обозначения:

- ИК – инжекционный комплекс
- НО – накопитель-охладитель
- ЛУ – линейный ускоритель
- ДПП – датчик положения пучка
- БД – база данных
- ОС – операционная система
- ПО – программное обеспечение
- АЦП – аналогово-цифровой преобразователь
- БЧ – бетатронные частоты

ЭЛЕКТРОННОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ

В 2020 году была продолжена работа над несколькими проектами, связанными с электронным охлаждением. Сам метод электронного охлаждения был предложен Г.И. Будкером и основан на передаче тепла от ионов электронам за счет кулоновских столкновений. Для этого, на некотором участке орбиты ионов в циклическом ускорителе, встраивается специальная система, где создается электронный пучок, который движется вместе с ионным пучком с той же скоростью. В итоге, можно сказать, что горячие ионы находятся внутри холодного газа электронов.

Низковольтная система электронного охлаждения для бустера НИКА.

ИЯФ СО РАН в рамках сотрудничества уже изготовил и поставил в Дубну систему электронного охлаждения для бустера НИКА с параметрами энергии до 50

киловольт. В 2020 году сотрудники ОИЯИ активно осваивали работу на данной системе электронного охлаждения (СЭО) (см. Рис. 1). К маю 2020 года было проведено несколько сеансов работы общей длительностью около 100 часов. Достигнуты следующие параметры работы СЭО: энергия 1,4 – 30 кВ, ток более 900 мА (не для всех энергий). В конце года после соединения с вакуумной системой бустера и во время его физического запуска были проведены первые эксперименты по взаимодействию ионного и электронного пучков.

Параметры эксперимента:

Тип ионов	He1+
Энергия ионов, Мев/и	3,2
Энергия электронов, кэВ	1,73 – 1,8
Ток электронного пучка, А	0,1 – 0,2
Диаметр электронного пучка, мм	28
Магнитное поле СЭО, Гс	100 – 200



Рисунок 1: Текущая эксплуатация СЭО для бустера НИКА.

Высоковольтная система электронного охлаждения для коллайдера НИКА.

Были продолжены работы по разработке высоковольтной системы электронного охлаждения СЭО для коллайдера НИКА. НИКА (NICA) – ускорительный комплекс класса мегасайенс, который создается на базе Института ОИЯИ, г. Дубна. Развитие физики элементарных частиц, ядра и атомной физики происходит не только на рубеже достижения максимальной энергии. Большое число неисследованных фундаментальных вопросов остается в области более низкой энергии, поэтому в настоящее время во многих мировых центрах строятся многофункциональные ускорительные комплексы на энергию гэвного диапазона позволяющие работать как с протонами, так и различными ионами и планирующие эксперименты в области ион-электронных столкновений. Российский проект НИКА направлен на экспериментальное исследование свойств плотной и горячей материи законы взаимодействия которой описываются на основе теории КХД. Ключевым свойством для получения требуемых пара-

метров пучков является охлаждение заряженных частиц в шестимерном фазовом объеме. Одним из широко используемых методов охлаждения для низкой энергии ионов является метод электронного охлаждения, который позволяет не только накопить большое количество ионов, но также обеспечить формирование коротких сгустков и уменьшить влияние факторов ведущих к деградации пучка, таких как внутривидовое рассеяние и рассеяние на внешней мишени. Переход к охлаждению на более высокой энергии позволит осуществить новые физические эксперименты за счет достижения малых размеров пучков и высокой плотности энергии. В режиме доминирования эффектов пространственного заряда (малая энергия и большая линейная плотность ионного пучка) возможен темп роста фазового объема, который может быть остановлен только с помощью электронного охлаждения.

Высоковольтная система электронного охлаждения состоит из двух независимых охладителей на энергию электронного пучка до 2,5 МэВ с током до 1 А и предназначена для охлаждения непосредственно на энергии эксперимента. Два охладителя позволяют одновременно охлаждать оба ионных пучка в коллайдере.

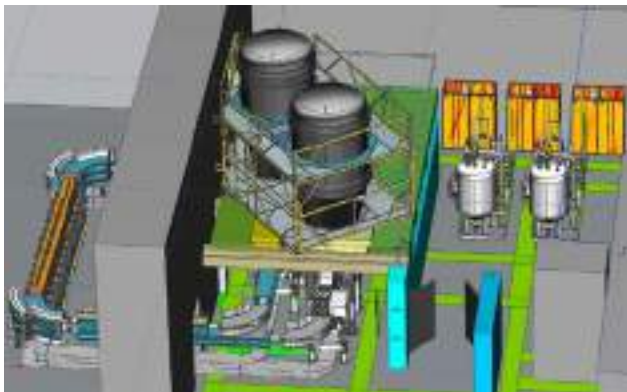


Рисунок 2: Эскиз высоковольтной СЭО для коллайдера НИКА.



Рисунок 3. Изготовление элементов СЭО для коллайдера НИКА.

Данная установка СЭО имеет классическую компоновку с продольным магнитным полем с двумя секциями для охлаждения встречных пучков с малым расстоянием между собой (32 см), что сильно осложнило техническое проектирование (Рис. 2 и Рис. 3). СЭО реализует модульный принцип построения секции охлаждения, но с непрерывным магнитным полем, в которую закладывается настройка магнитного поля на основе метода с использованием датчиков положения пучка. Это позволит контролировать качество магнитного поля в процессе работы установки.

УСКОРИТЕЛЬНЫЙ МАСС СПЕКТРОМЕТР ИЯФ СО РАН

В 2020 году (в условиях пандемии) Ускорительный Масс Спектрометр работал в основном на измерение пользовательских образцов. В связи с появлением УМС МИКАДОС в НГУ появилась Швейцарская проба подготовка. Фон образцов сделанных из очень старой кости упал до 0.33%. УМС ИЯФ измерил 1748 образцов. В каждом измеряемом за 1 день колесе было 23 образца, 2 углеродные нити для настройки прохождения C14, 4 образца со стандартами на основе щавелевых кислот и 2 позиции из графита или очень старой кости для определения фона. Часть измерений были калибровочными для настройки УМС. Для иллюстрации показаны результаты измерений сделанных 2020.12.04.

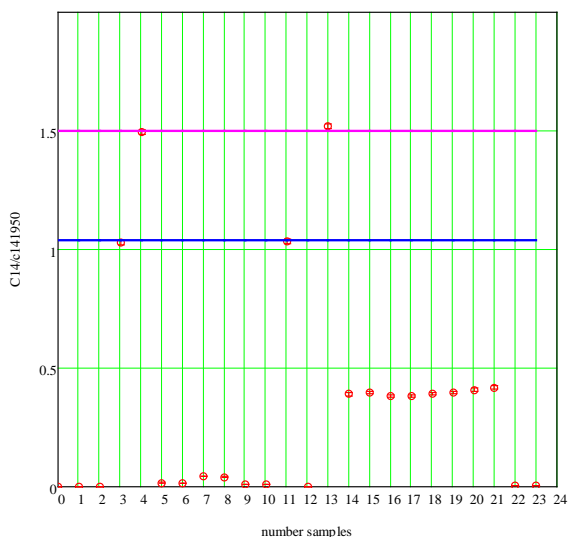


Рисунок 1. Концентрация C14 в единицах стандарта 1950 г. Выбрано измерение с очень древними костями.

В 2020 удалось перейти на образцы диаметром 1 мм, что улучшило охлаждение и стабильность тока каждого образца.

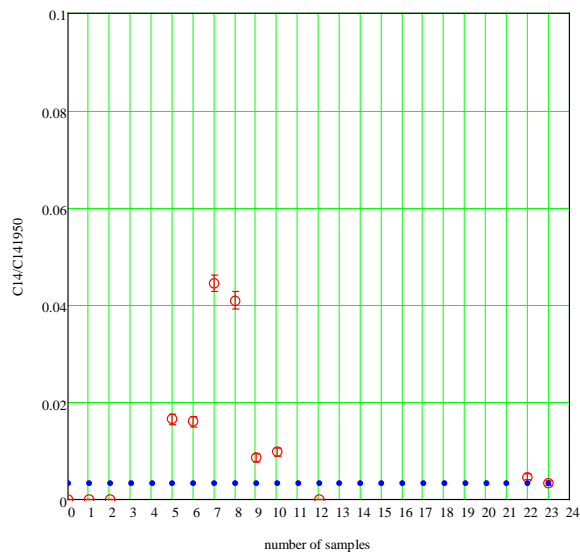


Рисунок 2. Тоже в большем масштабе по у.

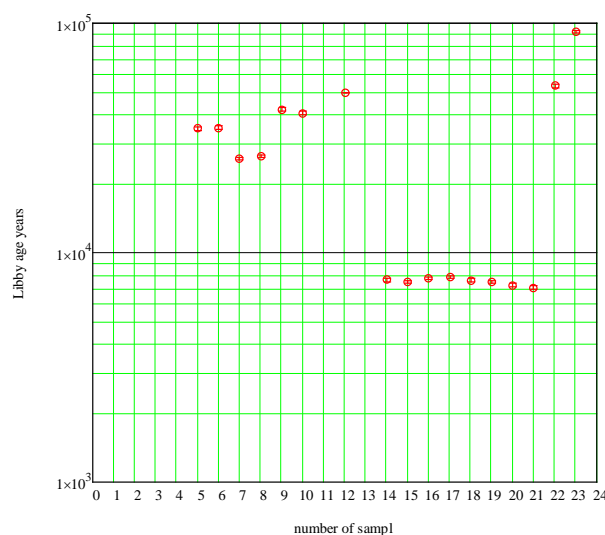


Рисунок 3. Возраст образца вычисленный по формуле Либби.

Образцы 1-11- кости древних животных, 14-21- раскопки стоянки. Видно, что пары сделанные из одного предмета хорошо соответствуют друг другу.

В целом работа шла ритмично, что выразилось в большом количестве измерений.

**СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ,
ЛАЗЕР НА СВОБОДНЫХ
ЭЛЕКТРОНАХ**

ИССЛЕДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Введение.

Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения обеспечивает возможность использования мощных аналитических методик с использованием синхротронного излучения для широкого круга исследовательских групп из научно исследовательских институтов, университетов и производственных учреждений Сибирского региона и из других областей России.

Полученные в 2020 году и представленные в отчёте результаты позволяют оптимизировать организацию проведения исследовательских работ на установках Центра и тем самым повысить общую эффективность использования дорогостоящего научного оборудования и операционного времени функционирования накопительных комплексов.

Стоит отметить, что суммарное время, выделенное на работы с использованием СИ в 2020 г существенно уменьшено по сравнению с предыдущим годом. Прежде всего это связано с административными ограничениями на проведение работ в период пандемии COVID-19.

Работы с использованием синхротронного излучения проводились одновременно на двух накопительных кольцах ВЭПП-3 и ВЭПП-4М. Учитывая, что накопитель ВЭПП-3 также выполняет функции инжектора в более высокоэнергетичный коллайдер ВЭПП-4М, периодически возникала необходимость остановки проведения экспериментов на станциях ВЭПП-3 для подготовки пучков и последующей их инжекции в коллайдер. Однако, не смотря на данные неудобства, общая эффективность использования ускорительного комплекса и объем проводимых работ оставался существенно выше чем при раздельном функционировании установок практика которых существовала раньше.

Работы с использованием синхротронного излучения велись в рамках общего распределения операционного времени работы ускорительных комплексов между различными исследовательскими программами. В 2020 году на данные работы выделялись двухнедельные интервалы, которые принято называть «заходами». На Рисунке 1 представлен график одного из заходов 2020 года.

Работы с использованием СИ на накопителе ВЭПП-3 проводятся в двух режимах с энергией пучка 2 ГэВ, для большинства пользовательских станций. Режим с энергией 1,2 ГэВ необходим для проведения специфических работ на станции LIGA, и не может использоваться для других станций.

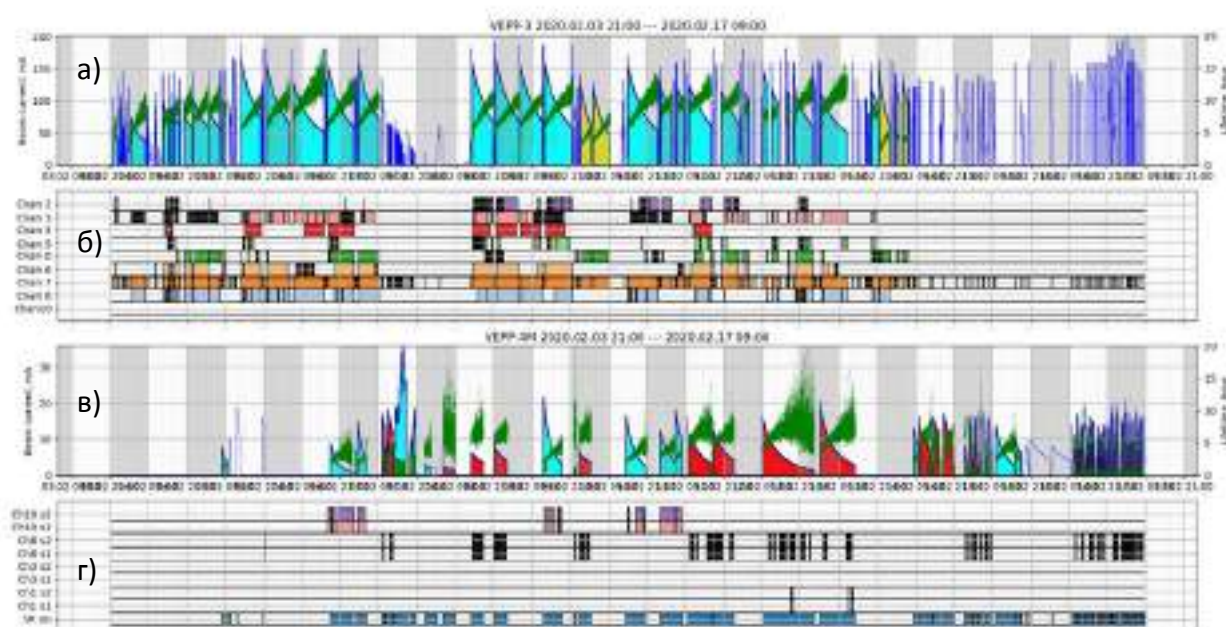


Рисунок 1. График захода по работам с использованием СИ. а) и в) графики токов пучков и времени жизни на ВЭПП-3 и ВЭПП-4М соответственно, б) и г) график отрывания радиационных затворов на пользовательских станциях ВЭПП-3 и ВЭПП-4М соответственно.

Аналогично для станций на каналах вывода СИ из коллайдера ВЭПП-4М для всех станций используется режим с энергией 4,5 ГэВ, за исключением станции «Метрология» в мягком рентгеновском диапазоне работа которой происходит на энергии инжекции (1,9 ГэВ). Энергия пучков на рисунке в различных смёнах отмечается цветом.

В течении последних 3-х лет, на работы с использованием синхротронного излучения выделялось суммарно около 3000 часов

Исследования проводились на 11 экспериментальных станциях СИ. За весь период реализации проекта услугами Центра воспользовалось 45 организаций в рамках реализации около 60 исследовательских программ, проектов, грантов, договоров о научно-техническом сотрудничестве, тематических планов бюджетных организаций. В настоящее время имеется 40 договоров о сотрудничестве с различными научными и производственными организациями. Исследования покрывают широкий спектр по пяти приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники РФ.

Многие результаты работ 2020 года и предыдущих лет были представлены на международной конференции Synchrotron and Free Electron Laser Radiation, Generation and Applications (SFR-2020) проводившейся в ИЯФ СО РАН с 13 по 16 июля 2020 года.

Разработка методов РФА-СИ в жёстком рентгеновском диапазоне (30 – 100 кэВ) на накопителе ВЭПП-4М для исследования геологических образцов.

В рамках реализации проекта по разработке методов РФА-СИ на накопительном кольце ВЭПП-4М в жестком рентгеновском диапазоне (30 - 100 кэВ), были проведены эксперименты по исследованию элементного состава геологических проб на основе спектров их рентгенофлуоресценции. В качестве образцов использовались российские и международные стандарты магматических горных пород и озерных отложений (СГД-1А, AGV-1, BCR-1, BIR-1, GMD-5, GMD-4, СОГ-13-3, КМ-1, Ж-3, ВП-2, БИЛ-1 и другие). Получены экспериментальные результаты по минимальным пределам обнаружения лантанойдов и тяжелых элементов (от La до Au) по линиям К-серий, возбуждаемых монохроматическими фотонами с энергией от 60 до 112 кэВ. Результаты эксперимента лежат в диапазоне от 100 ppb (мг/т) до 1 ppm (г/т).

Рабочая энергия электронного пучка в накопителе составляла 4,5 ГэВ при среднем токе электронов около 20 мА. Синхротронное излучение выводилось из 9-ти полюсного вигглера с магнитным полем 1,9 Тл.

Схема экспериментальной станции РФА-СИ на ВЭПП-4М представлена на Рисунке 2.

Пример полученного спектра РФА-СИ, для стандартного образца СГД-1А (габбро), на энергии возбуждения 112 кэВ представлен на Рисунке 3.

Анализ спектров проводился с помощью программы AXIL (QAXS).

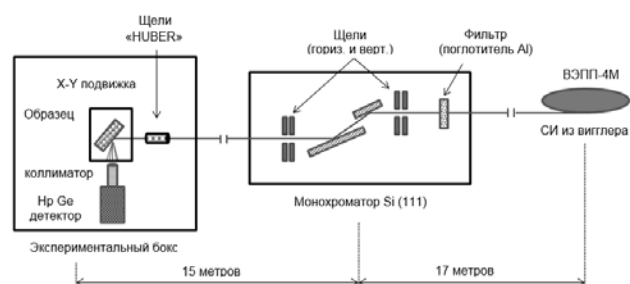


Рисунок 2. Схема экспериментальной станции РФА-СИ на ВЭПП-4М.

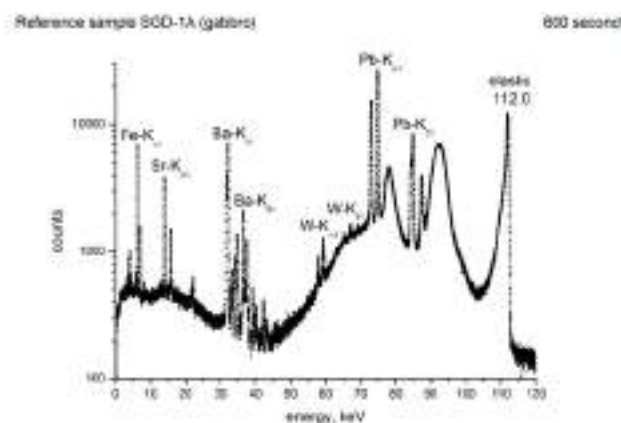


Рисунок 3. Энергетический спектр от стандартного образца СГД-1А (габбро), энергия возбуждения 112,0 кэВ, время накопления спектра 600 секунд.

В 2020 году на станции была налажена система обработки РФА спектров, предполагающая, в дальнейшем, введение системы получения количественной информации о концентрациях элементов в исследуемых образцах непосредственно в процессе съемки спектров. Программа обработки осуществляет подгонку флуоресцентных пиков с использованием априорной информации об их положениях и относительной интенсивности в флуоресцентных мультиплектах из свободно распространяемой библиотеки xraylibrary. Результаты обработки спектра стандартного образца донных осадков представлен на Рисунке 4.

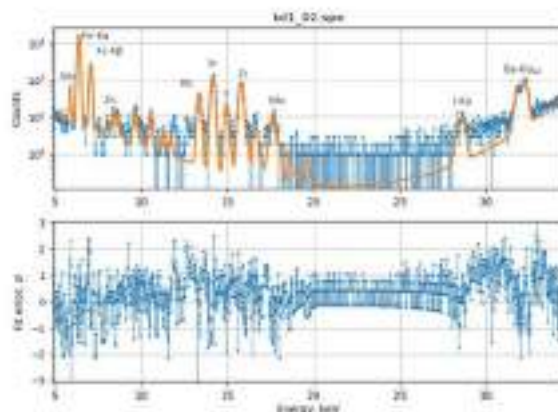


Рисунок 4. Обработка РФА-спектра стандартного образца БИЛ-1.

*Изготовление и тестирование
монокроматической мозаичной
рентгеновской линзы для энергии 85 кэВ.*

Использование высокоэнергичных фотонов могло бы расширить область применения рентгеновских методов, но интенсивность синхротронного излучения (СИ) в диапазоне энергий выше 50 кэВ мала из-за экспоненциального уменьшения яркости источников СИ. Поэтому интерес представляет развитие фокусирующей оптики для указанного диапазона. Однако, декремент показателя преломления материалов в данном диапазоне мал, не обеспечивая достаточной апертуры вследствие малого коэффициента отражения или угла дифракции. Техническая возможность осуществить многоактный контакт рентгеновского кванта с границей раздела материал-воздух позволяет на несколько порядков величины увеличить результирующий угол отклонения рентгеновского луча от первоначального направления, а применение прецизионного литографического метода формирования преломляющей поверхности позволяет минимизировать области пассивного поглощения излучения. Гальваническое осаждение тяжёлых металлов, таких как никель или золото в предварительно сформированную матрицу (LIGA-процесс) позволяет создать преломляющую линзу на основе металлических преломляющих элементов в форме микропризм, обеспечивая минимальное поглощение, за счёт чего апертура линзы может быть увеличена до нескольких миллиметров (Рисунок 5).

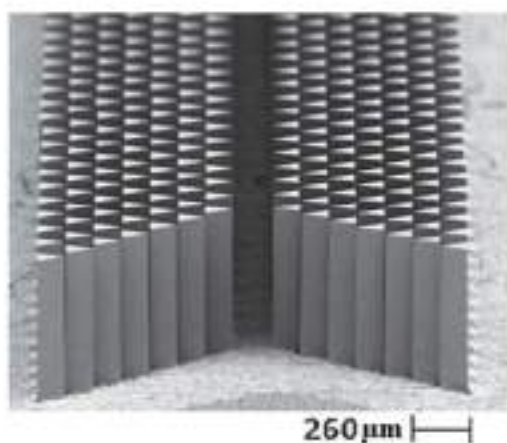


Рисунок 5. РЭМ-фотографии: одного модуля одномерной рефракционной рентгеновской линзы с апертурой 2,1 мм.

В 2020 году тестирование линзы представленной на Рисунке 5 проводилось на канале вывода СИ №8 из источника СИ ВЭПП-4М. Линза устанавливалась на специальное позиционирующее устройство (Рисунок 6) для обеспечения точной выставки по положению и угловой ориентации.



Рисунок 6. Устройство выставки линзы в процессе тестирования.

Линза была рассчитана на широкий диапазон энергий квантов так, чтобы максимум поглощённой детектором энергии за линзой составлял 38,5 кэВ при фокусном расстоянии 4,8 м так, а фокус находился в центре взрывной камеры. Поскольку во взрывной камере технически сложно установить детектор, его устанавливали позади взрывной камеры на расстоянии 8 м за линзой. Тогда для получения изображения источника излучения в плоскости детектора задавали с помощью монохроматора энергию квантов 50 кэВ. Рисунок 7 демонстрирует геометрическую схему эксперимента тестирования и положение фокальных плоскостей для фотонов с различными энергиями.



Рисунок 7. Геометрическая схема эксперимента.

На Рисунке 8 показаны изображения пучка СИ до линзы и в плоскости фокуса.

В результате в плоскости детектора наблюдалась концентрации энергии, однако коэффициент усиления потока излучения линзой пока не удалось измерить вследствие автоматической нормировки детектором излучения на максимальное значение.

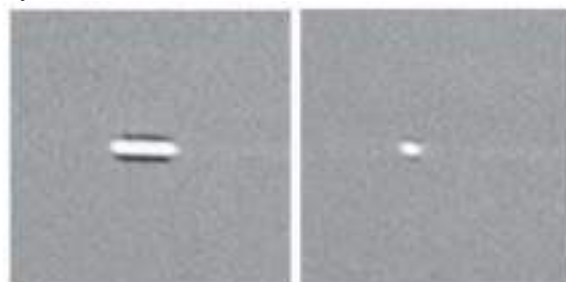


Рисунок 8. Люминофорное изображение пучка СИ до линзы и в фокальной плоскости (справа).

Дифракционные исследования на станциях станции «Аномальное Рассеяние», канал СИ №2 ВЭПП-3 и «Прецизионная Дифрактометрия II», канал СИ №6 ВЭПП-3.

В рамках проекта РНФ 19-19-00192 С использованием оборудования станции «Прецизионная дифрактометрия-2» ЦКП "СЦСТИ" в 2020 году были проведены следующие исследования.

In situ исследования композитов на базе $M_{n+1}AX_n$ (MAX) фаз полученных методом искрового плазменного спекания. Исследуемые системы Ti_3AlC_2 и Ti_3SiC_2 комбинируют свойства металлов и керамик, а именно характеризуются: высокой термической проводимостью и электропроводностью, высокой прочностью и термостойкостью, а также низким коэффициентом теплового расширения. Кроме того, соединения Ti-Al-C более устойчивы к окислению при повышенных температурах из-за образования защитного поверхностного слоя оксида алюминия. Все это делает такие материалы перспективными для использования в высокотемпературных нагревательных элементах, в качестве материалов для ядерных приложений и др.

Образцы исследовались при нагреве до 1500°C в вакууме (остаточное давление до 5×10^{-4} мбар) и на воздухе. Исследования фазовых превращений проводились с использованием высокотемпературной камеры НТК 2000N (Anton Paar). Нагрев исследуемых композитов от комнатной температуры до 1500°C осуществлялся в 2 этапа. На первом этапе ($25-800^\circ\text{C}$) скорость нагрева составляла $20^\circ\text{C}/\text{мин}$, на втором ($800-1500^\circ\text{C}$) – $5^\circ\text{C}/\text{мин}$. Далее образцы выдерживались при 1500°C в течение 30 минут.

Нагрев алюминиевого композита на воздухе (Рисунок 9а) показал устойчивость к окислению вплоть до 800°C , однако, дальнейшее повышение температуры приводит к окислению фазы Ti_3AlC_2 с образованием фазы диоксида титана TiO_2 (рутил) с тетрагональной сингонией и $\alpha-Al_2O_3$. Необходимо отметить, что содержание фазы TiC существенно не изменяется в процессе окисления. Нагрев в условиях вакуума (Рисунок 9б), в свою очередь, приводит к частичному разложению фазы Ti_3AlC_2 при температуре выше 1400°C . Наряду с этим на дифрактограммах наблюдается рост интенсивности рефлексов фазы карбида титана. Необходимо отметить, что частичное разложение не приводит к формированию чистого алюминия или фаз на его основе. Такое поведение объясняется действием высоких температур, в результате которого происходит испарение алюминия.

Нагрев кремниевого композита на воздухе (Рисунок 10а) показал достаточно низкую устойчивость к окислению. Уже при достаточно низких температурах появляются рефлексы фазы диоксида титана TiO_2 (анатаз), который при более высокой температуре переходит в высокотемпературную фазу диоксида титана TiO_2 (рутил). Полное окисление фаз Ti_3SiC_2 и TiC заканчивается уже при 1100°C . Также при температуре около

1500°C появляется высокотемпературная фаза кубического диоксида кремния SiO_2 . Нагрев в условиях вакуума (Рисунок 10б), в свою очередь, приводит появлению фазы Ti_5Si_3 , которая разлагается при температуре близкой к 1500°C . В остальном фазовый состав композита не меняется при нагреве и дальнейшей выдержке в течение 30 минут на максимальной температуре. Из изменений можно отметить только отжиг фаз Ti_3AlC_2 и TiC и снятие внутренних напряжений, которые возникают при синтезе композита.

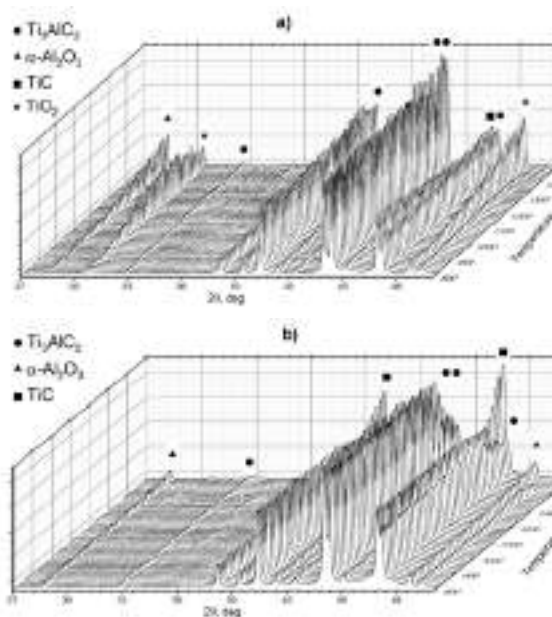


Рисунок 9. Дифрактограммы Ti_3AlC_2 полученные при нагреве до 1500°C на воздухе – (а) и в вакууме – (б). Длина волны $1,72\text{\AA}$.

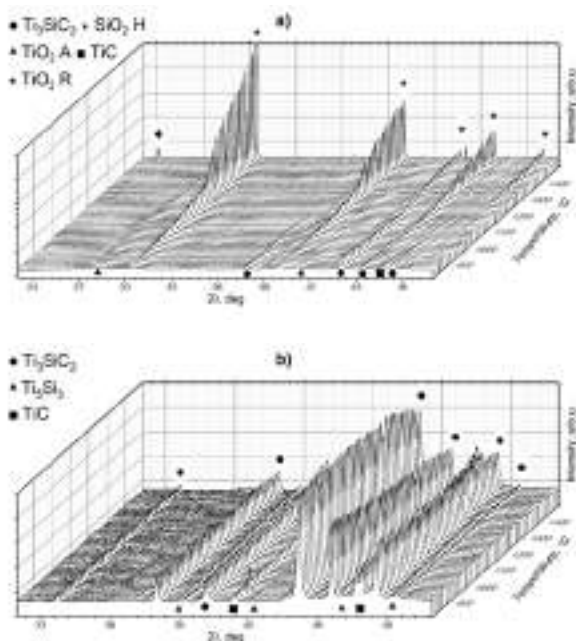


Рисунок 10. Дифрактограммы Ti_3SiC_2 полученные при нагреве до 1500°C на воздухе – (а) и в вакууме – (б). Длина волны $1,72\text{\AA}$.

В рамках проекта РФФИ 20-03-00675 с использованием оборудования станции "Прецизионная дифрактометрия-2" ЦКП "СЦСТИ" в 2020 году были проведены следующие исследования.

In situ исследования композитов на базе гидроксипатитов ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, ГАП) и монооксида титана TiO_2 . Исследовались как чистый ГАП, так и образцы с 10% и 20% добавкой субстехиометрического ($433q \text{ TiO}_{0.92}$) и сверхстехиометрического ($441q \text{ TiO}_{1.23}$) оксида титана. Такого рода материалы представляют интерес для современной ортопедии и травматологии из-за хороших механических свойств и биосовместимости. Добавка оксида титана здесь выполняет в первую очередь роль усилителя прочностных свойств материала. Но вдобавок, может проявлять и бактерицидные свойства.

Образцы исследовались при нагреве до 900°C в потоке сухого воздуха (скорость подачи $100 \text{ см}^3/\text{мин}$) со скоростью $5^\circ\text{C}/\text{мин}$. Исследования фазовых превращений проводились с использованием высокотемпературной камеры XRK 900 (Anton Paar).

№1 Чистый ГАП

Дифракция исходного образца (Рисунок 11) №1 чистый ГАП показала однофазную систему со структурой гексагонального гидроксипатита $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (пр.гр. $P6_3/m$). Параметры решетки составили $a = 9,4384(9) \text{ \AA}$ и $c = 6,8768(13) \text{ \AA}$ (в публикации выше $a = 9,432 \text{ \AA}$ и $c = 6,881 \text{ \AA}$).

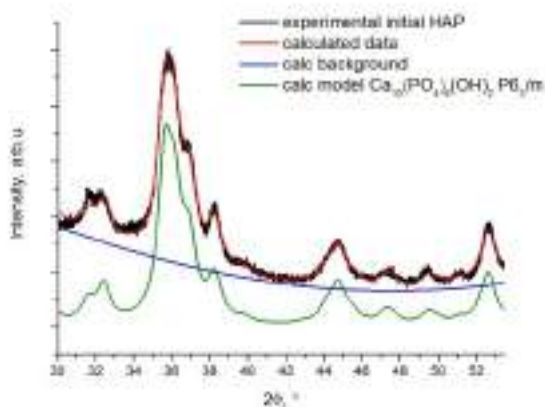
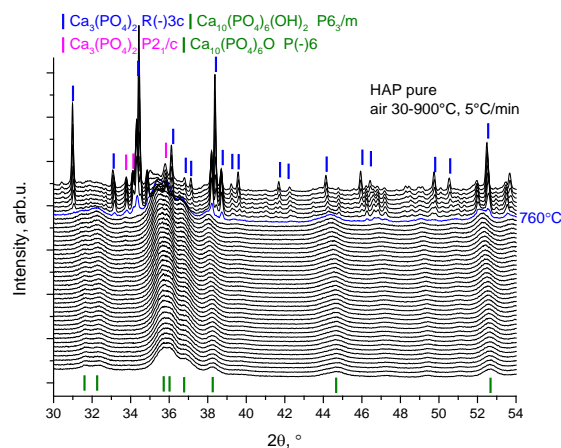


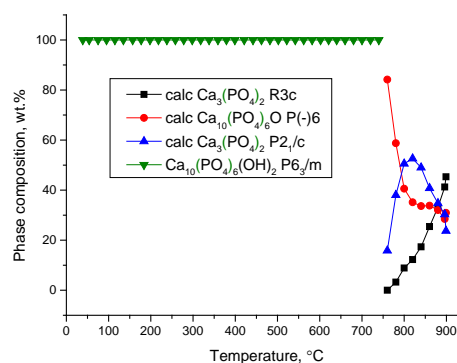
Рисунок 11. Дифрактограмма исходного образца №1 чистый ГАП и также модельные дифрактограммы гексагонального гидроксипатита $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (пр.гр. $P6_3/m$). Длина волны $0,17248 \text{ нм}$.

Эксперименты по нагреву на воздухе показали (Рисунок 12 а и б) разложение гидроксипатита в окрестности 760°C . Разложение сопровождалось появлением хорошо окристаллизованных α - и β - фаз трикальцийфосфата (ТКФ) со структурами моноклинной $P2_1/a$ и гексагональной $R3c$, соответственно. Кроме этого, в образце наблюдалось достаточно значительное количество дисперсной фазы, которую мы отнесли к гексагональной $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{O}$ (пр.гр. $P(-)6$). После начала фазовых переходов наблюдался постепенный рост количества фазы α -ТКФ и куполообразное пове-

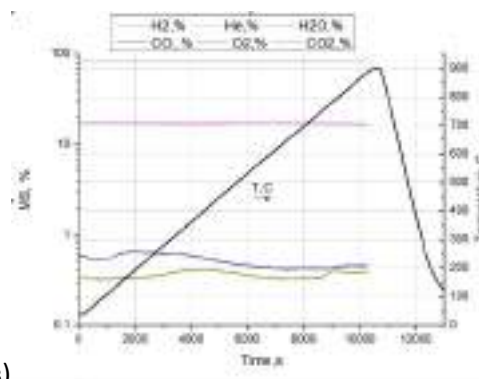
дение зависимости для β -ТКФ. В районе 800°C наблюдалась стабилизация количества дисперсной фазы. Масс-спектрометрия не показала каких-то значительных изменений состава проходящей через образец воздушной смеси, кроме небольшого количества воды и CO_2 в области низких температур и небольшого скачка CO_2 при разложении гидроксипатита.



а)



б)



в)

Рисунок 12. Дифрактограммы образца №1 чистый ГАП при нагреве в потоке воздуха – а); соответствующие зависимости фазового состава и данные масс-спектрометрии – б) и в). Дифрактограммы представлены в диапазоне от комнатной до 900°C с шагом 20°C . Синим отмечена дифрактограмма начала разложения гидроксипатита. Длина волны $0,17248 \text{ нм}$.

Фазовый состав практически не изменился после охлаждения в той же смеси со скоростью 25°C/мин (см. Рисунок 13).

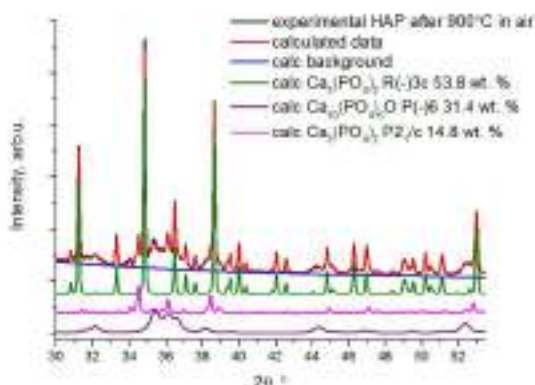


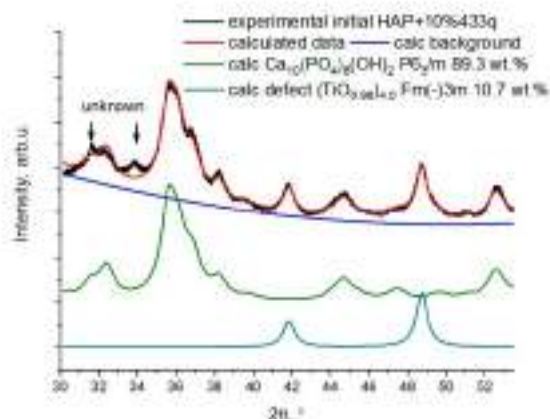
Рисунок 13. Дифрактограмма образца №1 чистый ГАП после нагрева в потоке воздуха и также модельные дифрактограммы гексагонального гидроксиапатита Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂ (пр.гр. P6₃/m) и α- и β-ТКФ. Длина волны 0,17248 нм.

№2 ГАП+10%433q и №3 ГАП+20%433q

Дифракция исходных образцов (см. рис. 6) модифицированных субстехиометрическим оксидом титана 433q показала, кроме фазы со структурой гексагонального гидроксиапатита Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂ (пр.гр. P6₃/m) (Рисунок 14а), также наличие практически бездефектного оксида титана (TiO_{0,98})_{4,0} (**10%433q** пр.гр. Fm(-)3m) (Рисунок 14б) и дефектного оксида титана (TiO_{0,962})_{3,65} (**20%433q** пр.гр. Fm(-)3m). В случае образца **20%433q** параметры решетки для фазы гидроксиапатита составили $a = 9,468(2)$ Å и $c = 6,863(4)$ Å и для фазы дефектного оксида титана $a = 4,1859(2)$ Å, что соответствует фазе достехиометрического оксида титана с дефектностью по кислороду между фазами (TiO_{0,995})_{3,42} ($a = 4,18220$ Å, ICSD №024288) и (TiO_{0,892})_{3,53} ($a = 4,18890$ Å, ICSD №024287). В случае образца **10%433q** Параметры решетки для фазы гидроксиапатита составили $a = 9,444(1)$ Å и $c = 6,879(2)$ Å и для фазы оксида титана $a = 4,1827(3)$ Å, что соответствует фазе оксида титана (TiO_{0,995})_{3,42} ($a = 4,1822$ Å, ICSD №024288).

Заселенность позиции титана, как и кислорода определялась методом Ритвельда с использованием программного пакета MAUD. Общая дефектность δ структуры (TiO_y)₄₋₈ может быть занижена, т.к. в данном эксперименте сложно учесть все факторы влияющие на этот параметр: входящую интенсивность, фазовое соотношение с учетом модели гидроксиапатита и дополнительным не учитываемым рефлексом, достаточность статистического распределения кристаллитов в засвечиваемой области образца и т.д.. Однако, соотношение заселенности позиций кислорода к титану у должно показывать достоверные величины.

а)



б)

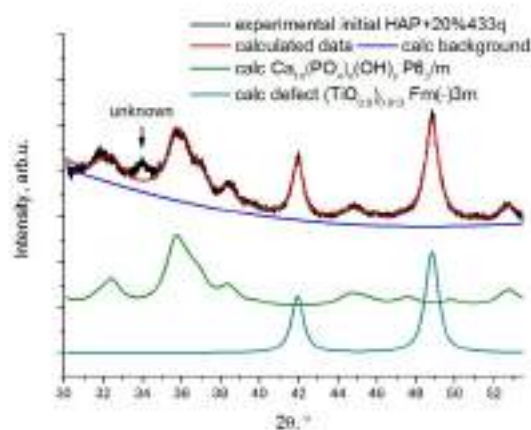


Рисунок 14. Дифрактограмма исходных образцов №2 ГАП+10%433q – (а) и №3 ГАП+20%433q – (б). Также на рисунке представлены модельные дифрактограммы гексагонального гидроксиапатита Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂ (пр.гр. P6₃/m) и субстехиометрического оксида титана 433q (пр.гр. Fm(-)3m). Длина волны 0,17248 нм.

Эксперименты по нагреву на воздухе показали (см. Рисунок 15 а и б) схожее поведение для обоих образцов. Разложение гидроксиапатита происходило в окрестности 850°C. Разложение сопровождалось появлением хорошо окристаллизованной β-фазы трикальцийфосфата(ТКФ) с гексагональной структурой R3c. Кроме этого, в образцах наблюдалось достаточно значительное количество дисперсной фазы, которую мы отнесли к гексагональной Ca₁₀(PO₄)₆O (пр.гр. P(-)6). В районе 520°C наблюдался переход из достехиометрического оксида титана в рутил TiO₂ (пр.гр P4₂/mnm).

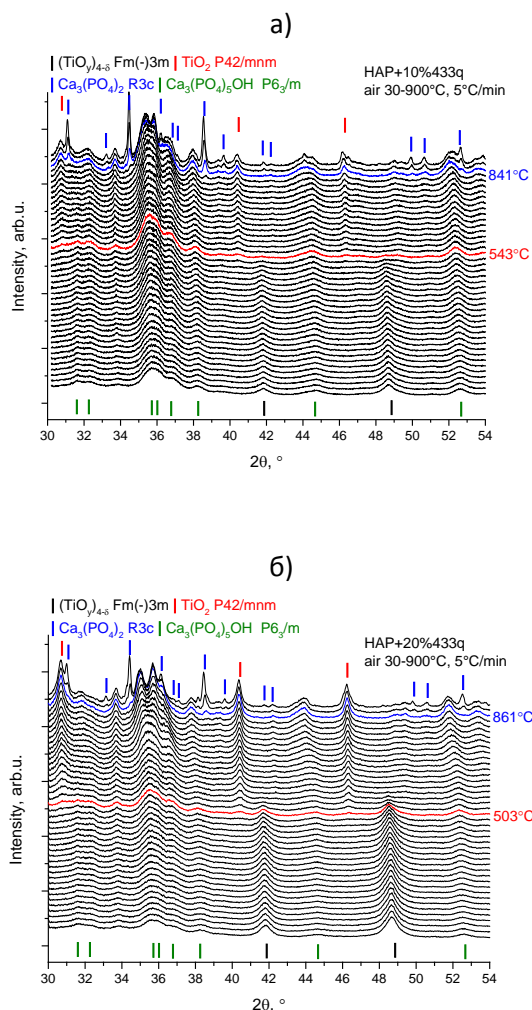


Рисунок 15. Дифрактограмма образцов при нагреве в потоке воздуха №2 ГАП+10%433q – (а) и №3 ГАП+20%433q – (б). Дифрактограммы представлены в диапазоне от комнатной до 900°C с шагом 20°C. Синим отмечена дифрактограмма начала разложения гидроксиапатита. Красным отмечен переход TiO-TiO₂. Длина волны 0,17248 нм.

В составе образцов после охлаждения в той же смеси со скоростью 25°C/мин также появилось некоторое количество α -фазы трикальцийфосфата (ТКФ) (см. Рисунок 16).

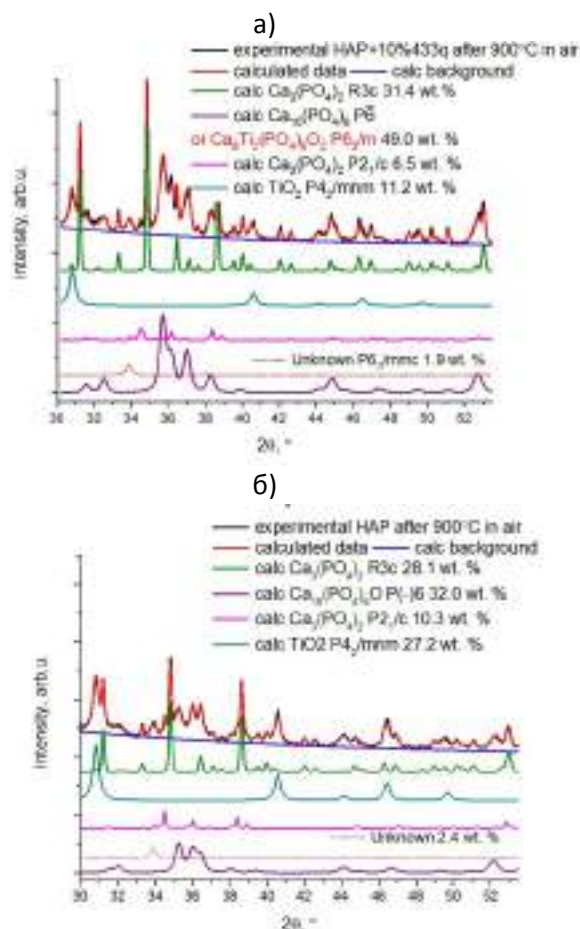


Рисунок 16. Дифрактограммы образцов №2 ГАП+10%433q – (а) и №3 ГАП+20%433q – (б). после нагрева в потоке воздуха и также модельные дифрактограммы Ca₁₀(PO₄)₆O (пр.гр. P(-)6), рутила TiO₂ (пр.гр P4₂/mnm) и α - и β -ТКФ. Длина волны 0,17248 нм.

№4 ГАП+10%441q и №5 ГАП+20%441q

Дифракция исходных образцов (см. рис. 9) модифицированных сверхстехиометрическим оксидом титана 441q показала, кроме фазы со структурой гексагонального гидроксиапатита Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂ (пр.гр. P6₃/m), также наличие практически бездефектного оксида титана (TiO_{1.366})_{2.91} (**10%433q** пр.гр. Fm(-)3m) и дефектного оксида титана (TiO_{1.374})_{2.93} (**20%441q** пр.гр. Fm(-)3m). В случае образца **10%441q** параметры решетки для фазы гидроксиапатита составили $a = 9,447(2)$ Å и $c = 6,874(3)$ Å и для фазы дефектного оксида титана $a = 4,1696(3)$ Å, что соответствует фазе сверхстехиометрического оксида титана находящегося далее в ряду (TiO_{1.195})_{3.15} ($a = 4,17250$ Å, ICSD №024290), (TiO_{1.250})_{3.07} ($a = 4,16990$ Å, ICSD №024291). В случае образца **20%441q** параметры решетки для фазы гидроксиапатита составили $a = 9,459(2)$ Å и $c = 6,866(4)$ Å и для фазы дефектного оксида титана $a = 4,1691(2)$ Å, что соответствует фазе сверхстехиометрического оксида титана находящегося далее в ряду (TiO_{1.195})_{3.15} ($a = 4,17250$ Å, ICSD №024290), (TiO_{1.250})_{3.07} ($a = 4,16990$ Å, ICSD №024291).

Для расчета заселенности позиции титана заселенность по кислороду принималась за 1, что может вносить погрешность в значение общей дефектности δ структуры $(\text{TiO}_y)_{4-\delta}$. Однако, соотношение заселенности позиций кислорода к титану у должно показывать достоверные величины.

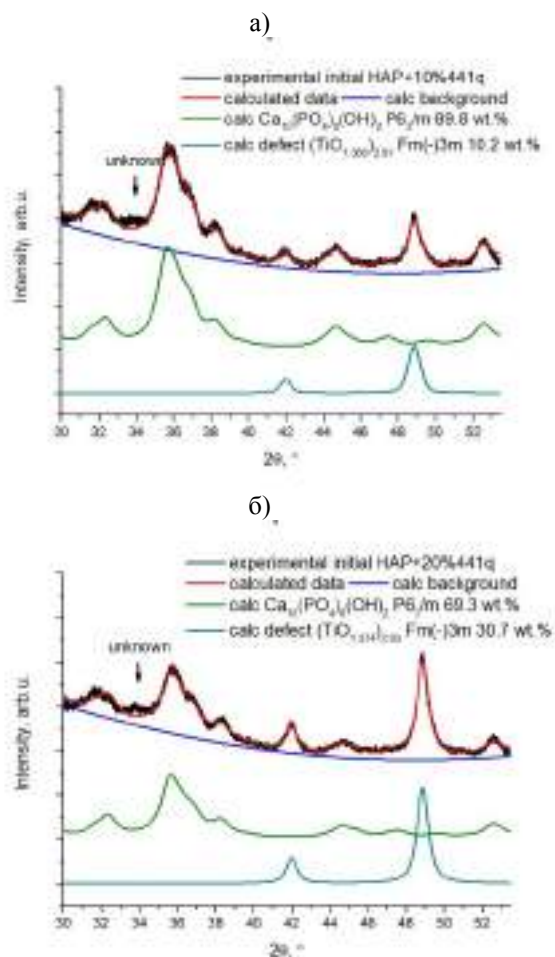


Рисунок 17. Дифрактограмма исходных образцов №4 ГАП+10%441q – (а) и №5 ГАП+20%441q – (б). Также на рисунке представлены модельные дифрактограммы гексагонального гидроксипатита $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (пр.гр. P63/m) и сверхстехиометрического оксида титана 441q (пр.гр. Fm(-)3m). Длина волны 0,17248 нм.

Эксперименты по нагреву на воздухе показали (см. Рисунок 17 а и б) несколько отличное поведение в случае образца **10%441q**. Разложение гидроксипатита для него началось в окрестности 780°C (860°C для **20%441q**). Разложение сопровождалось появлением хорошо окристаллизованной α -фазы трикальцийфосфата (ТКФ) с моноклинной структурой $P2_1/a$ и затем в окрестности 860°C β -фазы трикальцийфосфата (ТКФ) с гексагональной структурой R3c. Кроме этого, в образце наблюдалось достаточно значительное количество дисперсной фазы, которую мы отнесли к гексагональной $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{O}$ (пр.гр. P(-)6). Аналогично образцу **20%441q** фазовый переход для сверхстехиометрического оксида титана сопровождался появлением

не только фазы рутила TiO_2 (пр.гр P4₂/mnm), но и фазы анатаза TiO_2 (пр.гр I4₁/amd), однако при температуре чуть ниже в районе 480°C. В случае образцов с субстехиометрическим оксидом титана 433q фазы анатаза TiO_2 (пр.гр I4₁/amd) не наблюдалось.

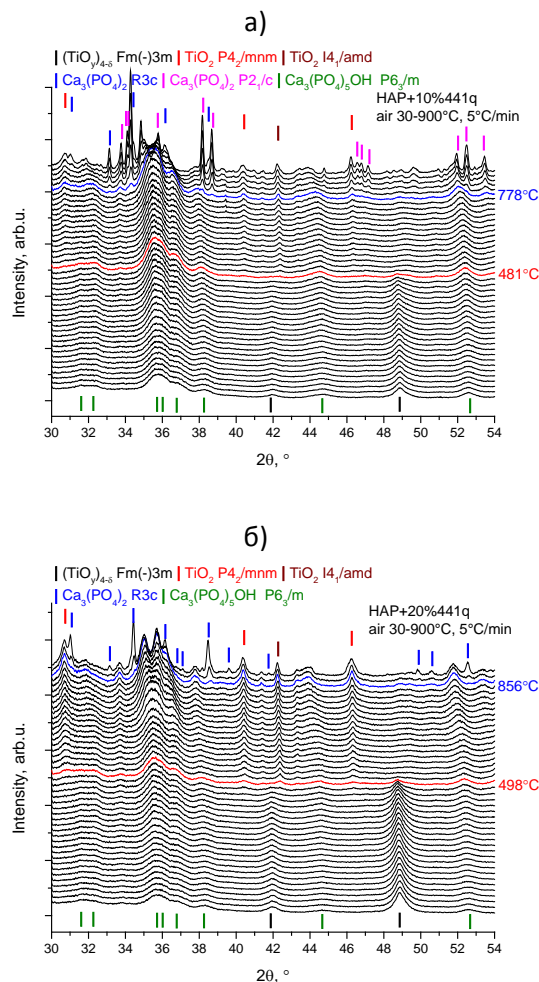


Рисунок 18. Дифрактограмма образцов при нагреве в потоке воздуха №4 ГАП+10%441q – (а) и №5 ГАП+20%441q – (б). Дифрактограммы представлены в диапазоне от комнатной до 900°C с шагом 20°C. Синим отмечена дифрактограмма начала разложения гидроксипатита. Красным отмечен переход TiO-TiO₂. Длина волны 0,17248 нм.

В составе образца после охлаждения в той же смеси со скоростью 25°C/мин особых изменений не наблюдалось (см. рис. 11). Отличия от образца **20%441q** проявились в том, что доминирующей структурой для оксида титана стал анатаз TiO_2 (пр.гр I4₁/amd) и для трикальцийфосфата α -фаза с моноклинной структурой $P2_1/a$.

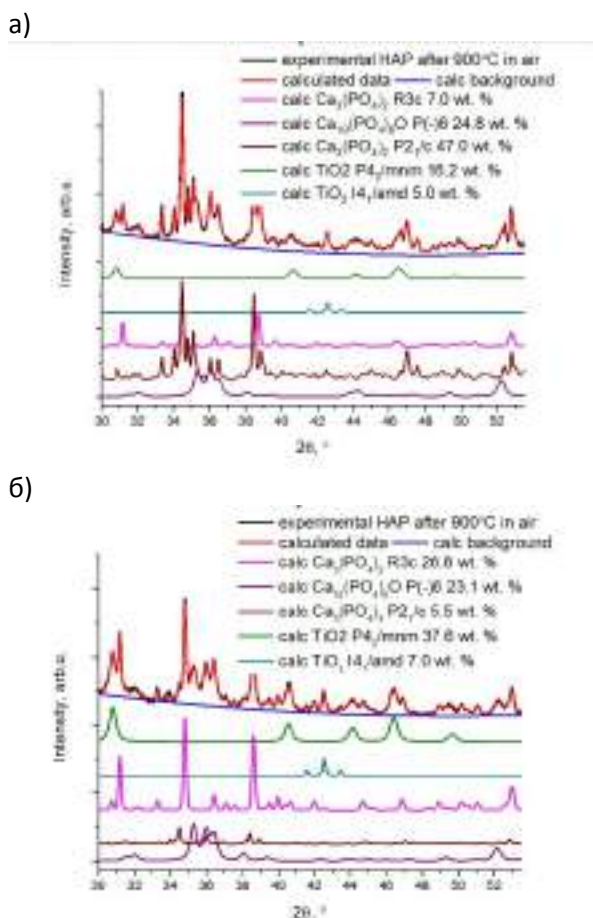


Рисунок 19. Диффрактограммы образцов №4 ГАП+10%441q – (а) и №5 ГАП+20%441q – (б). после нагрева в потоке воздуха и также модельные диффрактограммы $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{O}$ (пр.гр. R(-)6), рутила TiO_2 (пр.гр P4₂/mmm), анатаза TiO_2 (пр.гр I4₁/amd) и α - и β -ТКФ. Длина волны 0,17248 нм.

«Технологическая станция синхротронного излучения» на канале вывода СИ из накопителя ВЭПП-4М.

На канале вывода СИ из поворотного магнита N10F накопителя ВЭПП-4М введена в эксплуатацию «Технологическая станция синхротронного излучения» для учебно-демонстрационных и технологических работ с синхротронным излучением. Основное назначение новой установки — подготовка научного и инженерно-технического персонала для работ с СИ. Станция представляет собой набор относительно стандартных элементов – составляющих частей любой пользовательской станции СИ: подвижки, кристаллы-монокроматоры, детекторы и т.п., в процессе сборки и наладки которых студенты смогут получить наглядное представление о принципах работы всей системы и реальный опыт подготовки и проведения экспериментов с СИ. Помимо обучающей функции, станция также послужит стендом для проверки и испытаний нового оборудования, например, рентгеновских детекторов, которые также изготавливают в ИЯФ СО РАН.

Источник излучения для станции – магнит N10F расположен перед системой электростатического разведения частиц в накопителе ВЭПП-4, это определяет уникальную особенность данной станции, возможность вывода синхротронного излучения на станцию не только в выделенные смены СИ, но и параллельно с работой ВЭПП-4 по программе ФЭЧ, когда на остальные станции СИ излучение не может быть выведено в следствие искажения орбиты электростатическим разведением. Характеристики СИ при этом определяются энергией электронов, используемых в экспериментах ФЭЧ (см. Таблицу 1).

Используемый кристалл-монокроматор Si(111) обеспечивает работу в диапазоне энергий 2 – 21 кэВ.

Таблица 1. Сравнение параметров СИ для различных режимов.

Канал СИ	энергия электронов, ГэВ	магнитное поле в точке излучения, кГс	Ес, кэВ	λ_c , Å	Ток в рабочем режиме, мА
ВЭПП-4 канал №1	4,5	4,34	5,86	2,11	10
ВЭПП-4 канал №1	4	3,86	4,12	3,01	10
ВЭПП-4 канал №1	3,5	3,38	2,76	4,49	10
ВЭПП-4 канал №1	3	2,90	1,74	7,14	10
ВЭПП-3	2	20	5,33	2,33	100



Рисунок 20. Спектральный поток в медианной плоскости: (1) ВЭПП-3, Ве фольги – 500 мкм 2 ГэВ, 100 мА. (2) ВЭПП-4 канал №1, Ве фольги – 800 мкм, 4,5 ГэВ, 10 мА. (3) ВЭПП-4 канал №1, Ве фольги – 500 мкм 3,5 ГэВ, 10 мА.

Режим 4,5 ГэВ является оптимальным для работы на станции, в этом случае параметры излучения наиболее близки к используемому на станциях СИ ВЭПП-3. При энергии электронов менее 3,5 ГэВ использование излучения малоэффективно в следствии смещения в мягкую область спектра и сильного ослабления интенсивности.

Спектры излучения для разных режимов работы станции представлены на Рисунке 20.

Фотографии внешнего вида и отдельных элементов станции представлены на Рисунке 21.

В первых тестовых экспериментах исследовалось распределение интенсивности пучка СИ и проводилась настройка монохроматора. Далее был собран модуль рентгенофлуоресценного анализа на основе энерго-дисперсионного детектора АМРТЕК во втором экспериментальном объёме. В качестве тестового образца использовались медная и танталовая фольги (см. Рисунок 22).

В первых тестовых экспериментах исследовалось распределение интенсивности пучка СИ и проводилась настройка монохроматора. Далее был собран модуль рентгенофлуоресценного анализа на основе энерго-дисперсионного детектора АМРТЕК во втором экспериментальном объёме. В качестве тестового образца использовались медная и танталовая фольги (см. Рисунок 23).

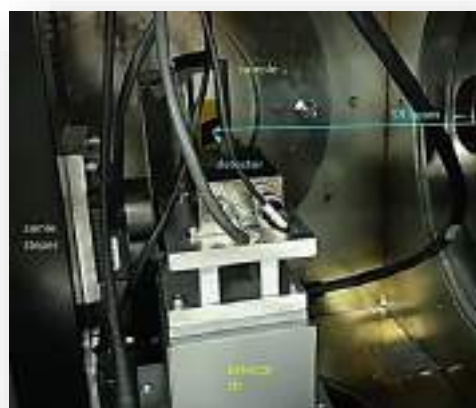


Рисунок 21. Фотография оконечной части канала вывода СИ через стену биозащиты накопителя ВЭПП-4М.

І – камера монохроматора, ІІ – вакуумируемый экспериментальный объём, К – управляющие контроллеры и ПК.



Рисунок 22. Форма пучка СИ на входе в монохроматор.

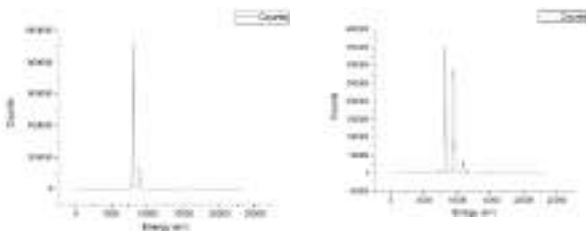


Рисунок 23. Зарегистрированные тестовые спектры фольг из меди и тантала.

В 2020 году на станции при активном участии студентов ФФ НГУ велись работы по отладке работы монохроматора и модуля элементного анализа РФА-СИ. По причине карантина по COVID-19 работы со студентами были минимизированы. Тем не менее, предполагается активизация работ на станции в кооперации с НГТУ и НГУ и переход к регулярным занятиям со студентами.

Исследования, выполненные на 8 канале комплекса ВЭПП-3/ВЭПП-4 (станция EXAFS спектроскопии Сибирского центра синхротронного и терагерцового излучения, СЦСТИ ИЯФ СО РАН).

EXAFS исследование W-содержащего нанокompозита на основе ПММА.

Одним из перспективных применений LIGA-технологии является создание рентгеновского детектора с высоким пространственным разрешением по методу, объединяющему в себе два взаимоисключающих подхода, а именно: введение неорганических частиц сцинтиллятора с большим атомным номером и размером зерен несколько микрон в технологический слой резиста, что способствует более эффективному преобразованию рентгеновского излучения в видимый свет, но существенно ограничивает пространственное разрешение, при этом крупные частицы хорошо рассеивают генерируемое излучение в видимом диапазоне спектра. Был разработан метод *in situ* полимеризации метилметакрилата с включением диспергированных частиц субмолекулярного размера, способствующих трансформации рентгеновского излучения в видимый свет. В качестве неорганического модификатора использовано $W(CO)_6$ (карбонил вольфрама).

Измерения рентгеновских спектров поглощения были выполнены на станции EXAFS спектроскопии Сибирского центра синхротронного и терагерцового излучения (СЦСТИ ИЯФ СО РАН). Рентгеновские спектры поглощения в районе W L3-края и получены в стандартном режиме “на прохождение” в диапазоне 750 эВ выше края поглощения с использованием двойного кристалла-монохроматора Si (111). Локальное окружение вольфрама моделировалось программе EXCURVE в пространстве волновых векторов

($\Delta k = 3-12 \text{ \AA}^{-1}$). Анализ спектров EXAFS и кривых RDF (Рисунок 24) исследуемых образцов (различной предыстории и процентного содержания вольфрама) проводился путем сравнения с таковыми для металлического порошка вольфрама и порошка $W(CO)_6$ (карбонил вольфрама). Показано, что все образцы W-PMMA нанокompозита однотипны и аналогичны образцу сравнения - $W(CO)_6$. Установлено, что основная часть вольфрама в образцах присутствует как карбонил вольфрама, в пределах ограничений метода.

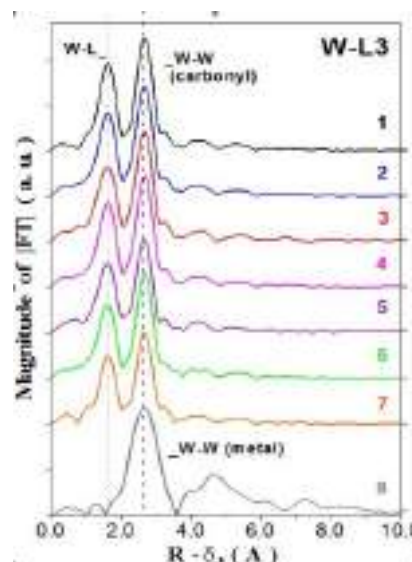


Рисунок 24. Кривые PPA - функции радиального распределения атомов локального окружения вольфрама для исследованных образцов W-содержащего ПММА нанокompозита.

Исследование Сихотэ-Алинского метеорита микро-методами РФА-СИ и μ -XANES.

Образец, содержащий фрагменты Сихотэ-Алинского метеорита, был исследован методом высокоточного двумерного сканирующего микро-РФА-СИ с использованием принципа локализации включений на модуле конфокальной рентгеновской микроскопии (КРМ). Обнаружено наличие включений с аномально высоким содержанием вольфрама. Следует отметить, что наличие вольфрама в образцах микрочастиц метеорита не типично для подобных систем. Для установления природы происхождения соединений вольфрама в выбранном включении были проведены микро-XANES исследования. Спектры XANES (W-L₂ край) для найденной области, обогащенной вольфрамом, были записаны в режиме многократного сканирования на экспериментальном модуле «Конфокальный рентгеновский микроскоп (КРМ)» при варьировании шага съемки $\sim 1,0-4,0$ эВ в режиме флуоресцентного выхода. Спектры XANES (W-L₂ край) для реперных образцов были сняты на EXAFS станции Сибирского Центра Синхротронного и Терагерцового (СЦСТИ, Новосибирск) по методике на пропускание при энергии электронов 2 ГэВ и среднем токе в накопителе во время измерения 80 мА. В качестве монохроматора использо-

вался разрезной монокристалл-монокроматор Si(111). Шаг при измерении XANES спектров составлял $\sim 0,5-1,0$ эВ. Для регистрации рентгеновского излучения в последнем случае использовались ионизационные камеры. Нормированные спектры XANES (W-L₂ край) для исследованных образцов: (а) частицы метеорита и (б) вольфрамовой фольги (репер) представлены на Рисунке 25.

Из анализа данных XANES установлено, что металлического W в частице метеорита не более 10-15%. Неметаллическая часть частицы метеорита, состоит из смеси фаз: различных карбидных фаз вольфрама (с большим вкладом) и оксидных фаз (с меньшим вкладом) различной дисперсности. Можно заключить, что полученные данные свидетельствуют скорее о внесении W-содержащей частицы в процессе пробоподготовки (как частицы, отколовшейся от инструмента), чем о ее взвешном происхождении, поскольку материалы на основе карбидов вольфрама широко применяются для изготовления различных инструментов.

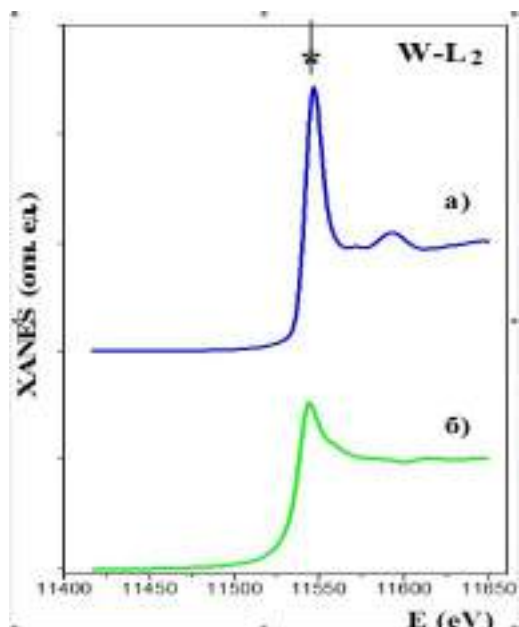


Рисунок 25. Нормированные спектры XANES (W-L₂ край) для исследованных образцов: а) образец частицы метеорита, б) W – фольга, репер.

XAFS исследование Pd/MgAlO_x катализаторов.

Слоистые двойные гидроксиды (СДГ), известные как гидротальцитоподобные соединения широко исследуются как перспективные предшественники оксидных катализаторов переработки углеводородов. Благодаря особенностям строения СДГ имеют большой потенциал для целенаправленного варьирования как свойств носителя, так и нанесенного металла. Измерения рентгеновских спектров поглощения были выполнены на станции EXAFS спектроскопии Сибирского центра синхротронного и терагерцового излучения

(СЦСТИ ИЯФ СО РАН). Рентгеновские спектры поглощения в районе Pd K-края и получены в стандартном режиме “на просвет образца” в диапазоне 800 эВ выше края поглощения с использованием двойного кристалла-монокроматора Si (111). Локальное окружения атома палладия моделировалось в программе EXCURVE на основании данных EXAFS в пространстве волновых векторов ($\Delta k = 3-12 \text{ \AA}^{-1}$).

В настоящей работе показаны результаты XAFS (XANES/EXAFS) исследования (Рисунок 26) закрепления хлоридных комплексов Pd(II) на MgAl-СДГ (Mg/Al=2). Варьирование природы предшественника носителя позволило осуществить закрепление комплексов палладия на поверхности (при использовании MgAl-CO₃) и в межслоевом пространстве (при использовании MgAl-OH и в процессе регидратации MgAlO_x). Палладий закрепляется в составе гидролизированных комплексов с возможностью образования полиядерных форм комплексов в случае закрепления на поверхности СДГ. При использовании карбонатной формы СДГ катализатор Pd/MgAlO_x(CO₃) характеризуется присутствием высокодисперсных изометричных частиц палладия. При закреплении Pd-предшественника в межслоевом пространстве происходит образование агломерированных палладиевых частиц «дендритного строения», которые обладают более высокой селективностью в образовании пропилена в реакции дегидрирования пропана.

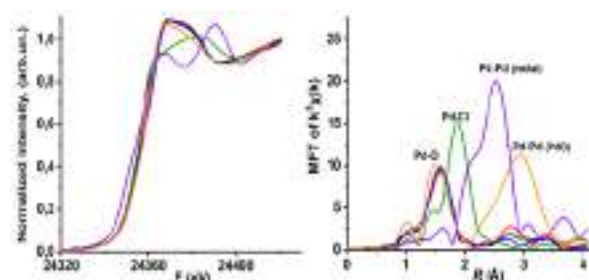


Рисунок 26. Нормированные спектры XANES (Pd-K край) и кривые PPA - функции радиального распределения атомов локального окружения палладия для исследованных образцов: [PdCl₄]/MgAl-CO₃-красный; [PdCl₄]/MgAl-OH- синий; [PdCl₄]/MgAl-R – черный; Rb₂PdCl₄ – зеленый; PdO – желтый.

EXAFS исследование одноатомных никелевых катализаторов на N-допированом углеродном носителе.

В настоящее время водород является одним из наиболее перспективных источников энергии, который мог бы заменить используемые в настоящее время природный газ или нефть, поскольку он экологически чистый и может производиться из возобновляемых источников. В то же время использование водорода сопряжено с трудностями, связанными с его хранением и транспортировкой. Поэтому получение водорода из различных органических соединений с относительно

высоким содержанием водорода является современной тенденцией в катализе. Никель способен образовывать одиночные атомы (катионы) на поверхности легированного азотом углерода, которые могут быть активными центрами в реакции разложения муравьиной кислоты для получения водорода.

EXAFS исследование катализаторов (Рисунок 27) было выполнено на станции EXAFS спектроскопии Сибирского центра синхротронного и терагерцового излучения (СЦСТИ ИЯФ СО РАН). Рентгеновские спектры поглощения Ni K-края получены в стандартных режимах в диапазоне 800 эВ выше края поглощения с использованием двойного кристалла-монокроматора Si (111). Локальное окружения атома никеля моделировалось в программе EXCURVE на основании данных EXAFS в пространстве волновых векторов ($\Delta k = 3-12 \text{ \AA}^{-1}$).

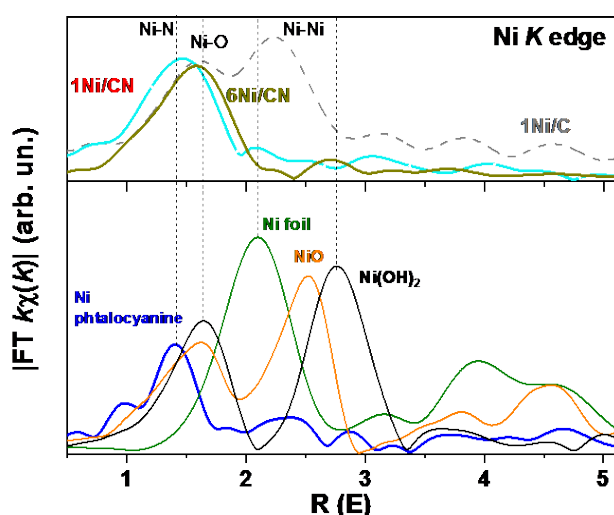


Рисунок 27. Кривые РРА - функции радиального распределения атомов локального окружения никеля для исследованных образцов катализаторов и реперных соединений.

Моноатомные никелевые катализаторы (1мас. %) были получены методом пропитки на подложке из пористого углерода, легированного азотом. Их свойства сравнивались со свойствами никелевых катализаторов, нанесенных на пористый углерод, не содержащий азота. Показано, что в последних - Ni присутствует в виде наночастиц со средним размером 3-4 нм. Одиночные атомы Ni находятся в состоянии Ni^{2+} . Для катализатора 1%Ni/CN атом Ni координирован четырьмя пиридиновыми формами азота. Одноатомные катализаторы показали стабильную активность и высокую селективность по получению водорода (93-96%).

Дифракционные исследования структурных и фазовых превращений происходящих при лазерной сварке титановых и алюминиевых сплавов.

В современной технике растёт доля изделий изготавливаемых по новым технологиям. Использование лучевых технологий дает возможность получить сварные соединения однородных и разнородных материалов с высокой скоростью и в защитной среде.

В авиакосмической промышленности при изготовлении целого ряда ответственных изделий часто бывает необходимо применять соединение разнородных материалов: подобные задачи возникают при изготовлении несущих элементов фюзеляжа, крыльев самолетов. В последнее время, в авиационной промышленности возникает потребность в соединении алюминиевых сплавов с титановыми сплавами с помощью лазерной сварки. Метод лазерной сварки за счет малого диаметра сфокусированного излучения позволяет получать тонкую диффузионную зону, в которой образуются интерметаллические соединения.

Методика проведения исследований

Дифракционные исследования проводились на станции 4-го канала синхротронного излучения от накопителя ВЭПП-3. Для проведения исследований фазового состава в разных местах сварного шва использовался пучок монохроматизированного синхротронного излучения с сечением 100*200 мкм. Данным пучком сканировалась область сварного шва между двумя материалами с шагом 300 мкм.

Результаты экспериментов.

Лазерный луч направлялся на стык двух материалов или смещался в сторону титана. Как показали дифракционные исследования в зоне сварного шва зарегистрировано образование интерметаллидов Ti_3Al , AlTi и AlTi_2 . Известно, что интерметаллиды более твердые и хрупкие, по сравнению с входящими в них металлами. Смещение луча на 1 мм уменьшает толщину слоя, в котором образуются интерметаллиды, по сравнению с толщиной слоя с нулевым смещением. Уменьшение объема интерметаллидного слоя снижает вероятность развития разрушения и увеличивает прочность сварного шва, приближаясь к прочности используемого Al сплава. Так же были проведены исследования фазового состава сварных швов специальных легированных алюминиевых сплавов. В настоящее время ведется обработка и расшифровка дифрактограмм.

СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ МАГНИТНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ УСКОРИТЕЛЕЙ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

54-полюсные сверхпроводящие вигглеры с полем 3 Тл и периодом 48 мм для Курчатовского источника синхротронного излучения.

В 2020 году были запущены в эксплуатацию на Курчатовском источнике синхротронного излучения (КИСИ) два 54-полюсных вигглера с полем 3 Тл и периодом 48 мм, работающие на принципе косвенного охлаждения.

В конструкции впервые был применён алюминиевый сплав для улучшения режима охлаждения магнита. Для повышения технологичности и механической точности вакуумная камера также была изготовлена из алюминиевого сплава методом экструзии. Был впервые использован метод повышения эффективности охлаждения магнита до рабочей температуры с помощью азотных тепловых трубок в режиме управляемого автоматического отключения компрессоров холодильных машин для предотвращения преждевременного замерзания азота.

Процесс охлаждения до рабочих температур с помощью криокулеров при использовании только газообразного гелия и тепловых трубок занял ~3 суток. В процессе последующей тренировки магнитной системы было проведено несколько срывов сверхпроводимости с достижением максимального уровня поля более 3,5 Тл, что значительно превышает требуемый уровень поля 3 Тл. Температура ВТСП тоководов из сверхпроводящей керамики, которые являются критически важными элементами криостата (разрушаются при температуре более ~80 К), не превышала температуры 36 К без тока и 52 К при долговременном запитывании магнита током, соответствующим рабочему полю 3 Тл, что показало высокую надёжность узла ввода тока в криостат. Важным параметром, который сложно рассчитать заранее, и можно было измерить только в процессе реального испытания устройства с косвенным охлаждением, является температура нагрева магнита при срыве сверхпроводимости. Было выяснено, что магнит нагревается при срыве до безопасной температуры 22 К, а для повторного охлаждения до начальной температуры 3 К требуется не более 10 минут. Давление внутри гелиевого сосуда поднималось после срыва до 0,4 бар, после чего падало ниже атмосферного в течение не более 10 мин и затем медленно снижалось до -0,7 бар. При этом при стационарной работе расход жидкого гелия был равен нулю. Продолжительность нарастания поля от 0 Тл до 3 Тл и опускания обратно с минимальным отклонением интегралов магнитного поля занимала не более 5 мин. В целом испытания показали высокий запас надёжности и продемонстрировали, что

основные параметры установки значительно превышают начальные требования. В 2021 году ожидается начало проведения экспериментов с использованием излучения из этих сверхпроводящих вигглеров. На Рис.1 представлен внешний вид одного из 54-полюсного вигглера с полем 3 Тл и периодом 48 мм, установленного на Курчатовском источнике синхротронного излучения.



Рисунок 1. 54-полюсный вигглер с полем 3 Тл и периодом 48 мм, установленный на Курчатовском источнике синхротронного излучения.

Сверхпроводящий 119-периодный ондулятор с периодом 15,6 мм и полем 1,2 Тл.

Сверхпроводящая магнитная система 119-периодного ондулятора для накопителя Diamond Light Source (DLS, Англия) на основе Nb-Ti сверхпроводника с периодом 15,6 мм, полем 1,2 Тл и межполюсным зазором 8 мм была испытана в 2020 году в криостате с жидким гелием. Конструкция магнита представляет собой сверхпроводящий ондулятор в виде горизонтального рейстра с чередованием активных и нейтральных полюсов. Такая конфигурация магнитной системы даёт преимущество в точности изготовления обмоток и имеет распределение сил на обмотках, обеспечивающее лучшую механическую устойчивость по сравнению с традиционными структурами. Проведён полный цикл магнитных измерений, в процессе которого была продемонстрирована возможность получения фазовой ошибки величиной менее 3 градусов, что является принципиальным условием для генерации ондуляторного излучения. Для уменьшения величины фазовой ошибки был предложен и успешно применён метод коррекции локальными токами, не превышающими ~1% от основного тока, запитывающими участки обмоток для исправления формы магнитного поля. Процесс сборки магнитной системы ондулятора показан на Рис.2.

Прототип сверхпроводящего эллиптического ондулятора с периодом 22 мм.

Была предложена и реализована на коротком прототипе новая конструкция эллиптического ондулятора

для генерации циркулярно-поляризованного излучения. Конструкция состоит из чередующихся активных и нейтральных полюсов на основе обмоток типа рейстрек с периодом 15,6 мм, но расположенных сверху и снизу перпендикулярно между собой и под углом 45 градусов к оси ондулятора. Таким образом, период такого ондулятора составил 22 мм.

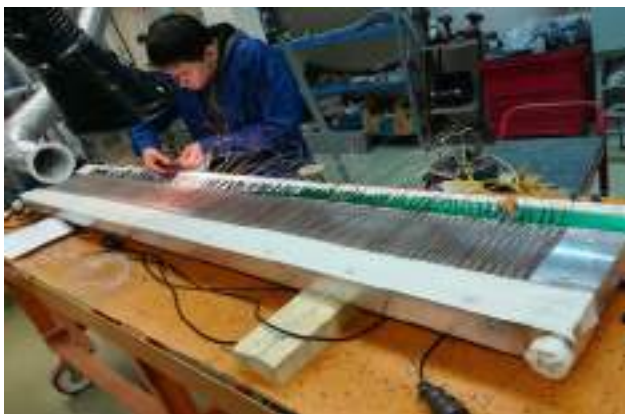


Рисунок 2. Процесс сборки 119-периодного ондулятора с периодом 15,6 мм и полем 1,2 Тл для накопителя DLS.

Был изготовлен короткий прототип с соотношением компонент магнитного поля 1/0,7 Тл. В 2020 году была продемонстрирована работоспособность такого ондулятора и проведены магнитные измерения в жидком гелии. Предложена схема двух последовательных эллиптических ондуляторов с быстрым переключением поляризации с помощью корректора, которая позволяет использовать метод рентгеновского магнитного дихроизма для изучения веществ со сложной магнитной структурой. На Рис.3 представлена магнитная система эллиптического ондулятора в разобранном виде.



Рисунок 3. Магнитная система эллиптического ондулятора.

Сверхпроводящий дипольный магнит детектора СВМ (Compressed Baryonic Matter) для FAIR (Дармштадт, Германия).

В 2020 году в Институте продолжалась конструкторская проработка сверхпроводящего дипольного магнита для детектора СВМ (Compressed Baryonic Matter)

для проекта FAIR. Магнит создаёт вертикальное магнитное поле величиной более ~1 Тл в зазоре 1,44 м. В состав магнита также входят железное ярмо массой 150 т и криогенная гелиевая система, состоящая из нескольких компонентов. Были проведены испытания различных материалов из стеклопластика для создания опоры сверхпроводящих катушек, рассчитанной на нагрузку 300 т. На Рис.4 показан общий вид дипольного магнита без криогенной системы.

Конструкция катушек имеет косвенную систему охлаждения, при которой жидкий гелий протекает последовательно по трубкам от одной катушки к другой. Сверхпроводящие обмотки окружены медным каркасом. Протекание гелия по трубкам основано на принципе термосифона. Такая конструкция позволяет эффективно охлаждать сверхпроводящие обмотки и имеет компактную конструкцию.

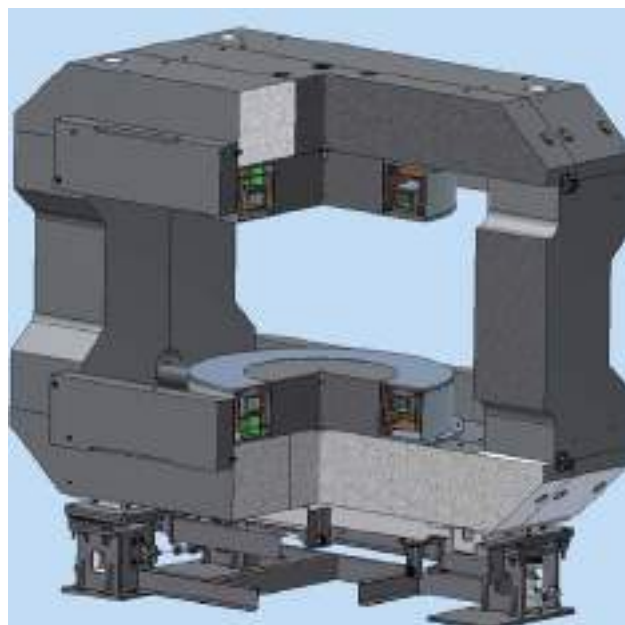


Рисунок 4. Дипольный магнит СВМ и железное ярмо на подставке (3-D модель).

Были разработаны система питания, обеспечивающая ток не менее 660 А с необходимой стабильностью и точностью, а также система и вывода энергии, величина которой составляет более 5 МДж. Долговременная стабильность тока источника питания составляет менее 10 ppm в течение 8 часов. Выходные пульсации напряжения не превышают 8 мВ в диапазоне частот 5 Гц до 1МГц и 75мВ при частоте 20МГц. Система вывода энергии состоит из нескольких подсистем и балластного резистора с заземлённой средней точкой. Параллельно системе вывода энергии установлен снаббер – конденсаторная батарея для минимизации дуги в процессе размыкания. Данная система обеспечивает надёжную защиту обмоток магнита при потере сверхпроводимости.

НОВОСИБИРСКИЙ ЛАЗЕР НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ

Введение.

Современные ускорительные установки интенсивно используются для различных научных и технологических исследований. Поэтому требования, предъявляемые к их параметрам, постоянно растут. Это, в частности, относится и к уникальной научной установке «Новосибирский лазер на свободных электронах».

Параметры излучения Новосибирского лазера на свободных электронах (НЛСЭ), работающего в субмиллиметровом и дальнем инфракрасном диапазонах длин волн, существенно лучше, чем у зарубежных установок такого типа. В частности, мощность излучения значительно больше, а ширина спектра излучения – гораздо меньше. Поэтому излучение НЛСЭ постоянно используется для проведения экспериментов по физике, химии и биологии.

В 2020 году наряду с постоянной работой на пользователей излучения из других институтов РАН и универ-

ситетов проводились теоретические и экспериментальные работы по дальнейшему улучшению параметров излучения НЛСЭ. Был разработан и успешно использован в экспериментах пользователей новый режим работы с модуляцией мощности излучения. Кроме того, начаты исследования по оптимизации процесса оперативной перестройки частоты излучения.

НЛСЭ - импульсно-периодический источник монохроматического излучения, который может плавно перестраиваться по частоте в трех спектральных диапазонах, охватывающих области терагерцового (ТГц), дальнего и среднего инфракрасного излучения. Это свойство вместе с высокой средней мощностью излучения делает НЛСЭ уникальным инструментом для фундаментальных и прикладных исследований. Лазер является одной из установок Сибирского центра синхротронного и ТГц излучения, в котором проводят исследования научные группы российских и зарубежных пользователей. В настоящее время три лазерные системы, каждая из которых состоит из ондулятора и оптического резонатора, позволяют генерировать излучение в спектральных диапазонах, показанных на Рис.1 прямоугольниками.

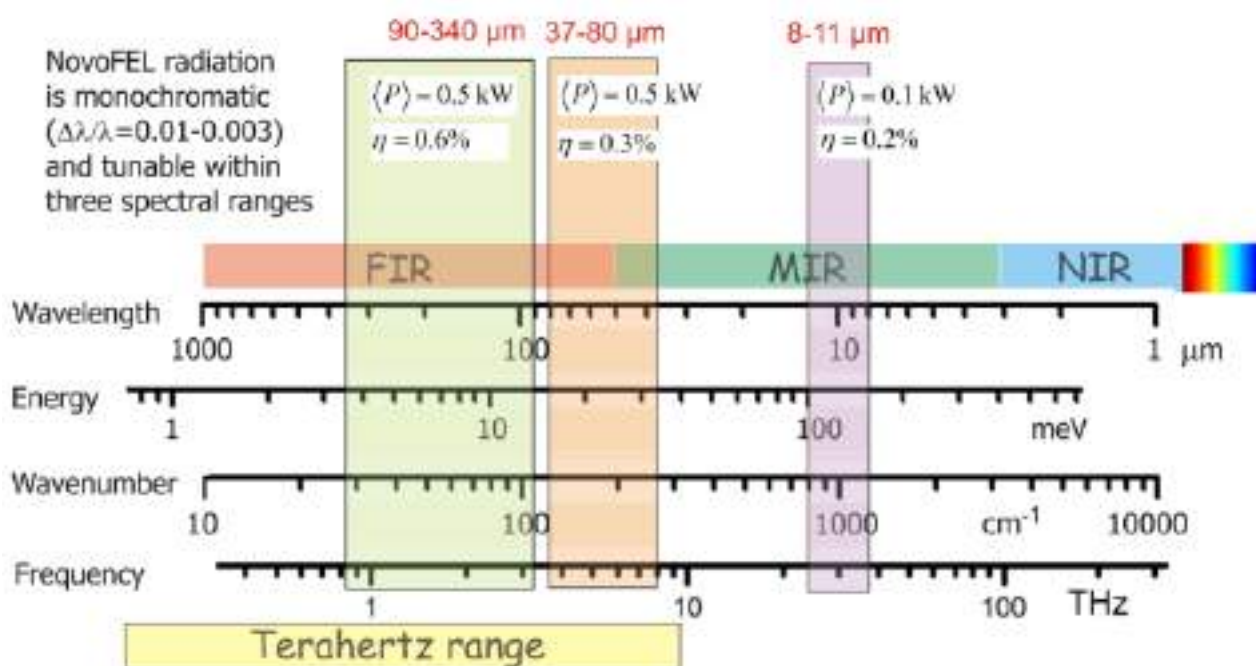


Рисунок 1. Области генерации НЛСЭ.

К настоящему времени первая лазерная система установки генерирует ТГц излучение в диапазоне 90–340 мкм; она была введена в эксплуатацию в 2003 году, и большинство исследований, выполненных до сих пор, проводилось в этом диапазоне частот. Позже начались эксперименты с излучением 37–80 и 8–11 мкм. В настоящее время на установке работают 13 рабочих станций.

На входе в рабочие станции лазерное излучение имеет профиль, близкий к гауссову, и представляет собой бесконечную последовательность импульсов дли-

тельностью 30-100 пс со стандартной частотой повторения 5,6 МГц и средней мощностью до 100-200 Вт. Лазерное излучение является пространственно когерентным, что позволило, например, впервые продемонстрировать классическую голографию в терагерцовом диапазоне. Уникальные параметры излучения позволяют проводить другие эксперименты, невозможные в терагерцовом диапазоне с другими источниками излучения. Именно на НЛСЭ впервые были продемонстрированы несколько высокоразрешающих и сверх-

быстрых методов молекулярной спектроскопии, а большая пиковая и средняя мощность позволили изучить непрерывный оптический разряд в газах при атмосферном давлении. Было исследовано отклонение терагерцового вихревого пучка в акустооптической ячейке в жидких гексане и циклогексане и обнаружено образование наноразмерных металлических частиц акустическими волнами, генерируемыми импульсным излучением в жидкостях. Среди экспериментов, проведённых на НЛСЭ следует отметить демонстрацию терагерцовой эллипсометрии полного внутреннего отражения с пространственным разрешением, серию уникальных экспериментов с обычными и локализованными терагерцовыми поверхностными плазмон-поляритонами, исследование влияния ТГц излучения на биологические объекты, исследование электронного парамагнитного резонанса. Далее мы представим установки с примерами исследований в области фотоники, выполненных на них.

Краткое описание установки «Новосибирский ЛСЭ».

Уникальная научная установка «Новосибирский ЛСЭ» включает три ЛСЭ. Ондуляторы всех трёх ЛСЭ установлены на разных дорожках одного и того же многооборотного ускорителя-рекуператора (УР). Упрощённая схема четырёхоборотного УР показана на Рис. 2.

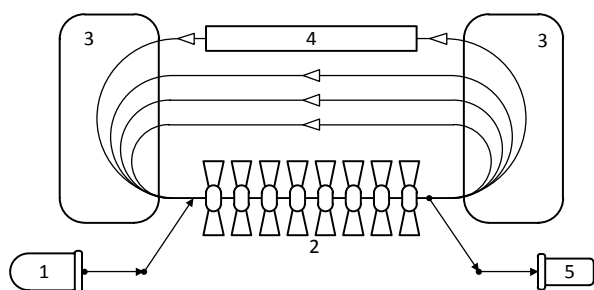


Рисунок 2. Упрощённая схема многооборотного УР: 1 – инжектор, 2 – ускоряющая структура, 3 – поворотные магниты, 4 – ондулятор, 5 – поглотитель.

Из инжектора 1 электроны с низкой энергией направляются в высокочастотную ускоряющую структуру 2. После четырёх проходов ускоряющей структуры электроны попадают на последнюю дорожку и теряют небольшую часть своей энергии в ондуляторе ЛСЭ 4. Использованный электронный пучок

замедляется в той же ускоряющей структуре и попадает в поглотитель 5, уже имея низкую энергию.

В качестве источника электронов используется электростатическая пушка с катодно-сеточным узлом. Напряжение, приложенное к ускоряющей трубке пушки, составляет 300 кВ. Данная пушка позволяет получать электронные сгустки с длительностью 1 нс, зарядом до 1,5 нКл и нормализованным эмиттансом около 20 микрон. Частота повторения сгустков может меняться от 0 до 22,5 МГц. После группирующего резонатора, работающего на частоте 180,4 МГц, сгустки сжимаются в пустом промежутке длиной около 3 м, ускоряются двумя ускоряющими резонаторами до энергии 2 МэВ, проходят через инжекционный канал и инжектируются в основную ускоряющую структуру УР (см. Рис. 3).

Ускоряющая структура состоит из 16 нормально проводящих высокочастотных резонаторов, присоединённых к двум волноводам. Рабочая частота резонаторов составляет 180,4 МГц. Низкая частота позволяет работать с длинными сгустками и большими токами пучка.

Новосибирский УР имеет три основных конфигурации включения магнитной системы - по одной на каждый из трёх ЛСЭ. Первый ЛСЭ установлен внизу под ускоряющей структурой (см. Рис. 3 и 4). Поэтому после прохождения через ускоряющую структуру электронный пучок с энергией 11 МэВ поворачивается на 180 градусов в вертикальной плоскости. После использования в ЛСЭ пучок возвращается в ускоряющую структуру в замедляющей фазе. В данной конфигурации УР работает как однооборотная установка.

Для работы со вторым и третьим ЛСЭ необходимо включить два круглых поворотных магнита. Они поворачивают пучок в горизонтальной плоскости, как показано на Рис. 3. После четырёх ускорений в основной ускоряющей структуре электронный пучок попадает в ондулятор третьего ЛСЭ. Энергия электронов в третьем ЛСЭ составляет 42 МэВ. Использованный пучок замедляется четыре раза и приходит в поглотитель, уже имея низкую энергию.

При включённых четырёх поворотных магнитах, расположенных на второй дорожке (см. Рис. 3), пучок с энергией 20 МэВ проходит через ондулятор второго ЛСЭ. После этого, благодаря правильно подобранной длине дорожки, пучок попадает в ускоряющую структуру в замедляющей фазе и после двух торможений теряется в поглотителе.

Фотография ускорительного зала, на которой видны ускоряющая структура и ондуляторы ЛСЭ, представлена на Рис. 4.

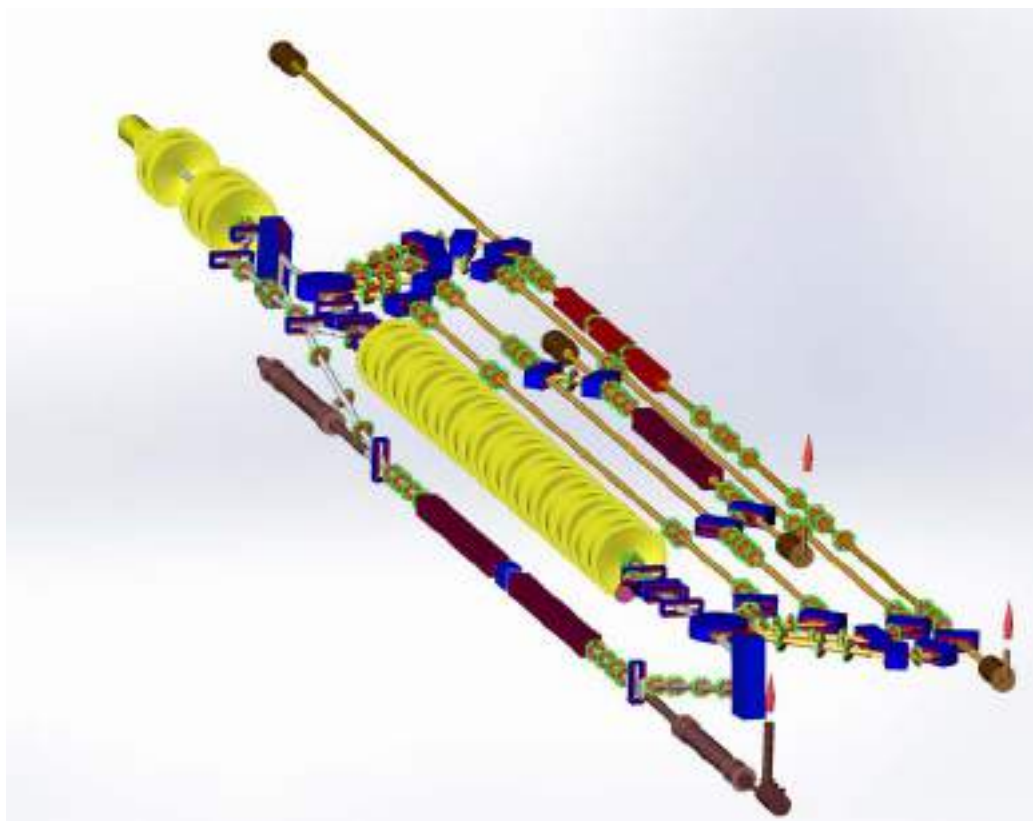


Рисунок 3. Новосибирский УР с тремя ЛСЭ (вид сверху).



Рисунок 4. Новосибирский ЛСЭ в ускорительном зале.

Следует отметить, что все 180-градусные повороты являются ахроматическими (на первой и второй горизон-

тальных дорожках - ахроматическими во втором порядке), но не изохронными. Данное обстоятельство позволяет настраивать продольную динамику пучка с

целью повышения пикового тока в ЛСЭ и оптимизации торможения использованного пучка.

Первый ЛСЭ был введён в эксплуатацию в 2003 году. Он является источником узкополосного (с шириной линии менее 1 %) терагерцового излучения, перестраиваемого в диапазоне длин волн 80 – 340 мкм, со средней мощностью до 0.5 кВт и пиковой мощностью до 1 МВт (импульсы с длительностью 100 пс и частотой повторения 5,6 МГц).

Излучение всех трёх ЛСЭ выводится на одни и те же пользовательские станции по оптическому каналу, заполненному сухим азотом. Система переключения излучения от разных ЛСЭ показана на Рис. 5.



Рисунок 5. Система переключения излучения от разных ЛСЭ. Излучение всех ЛСЭ выводится на одни и те же пользовательские станции. Переключение между ЛСЭ осуществляется за счёт убирающихся зеркал.

Второй ЛСЭ генерирует узкополосное излучение (с шириной линии менее 1 %) в дальнем инфракрасном диапазоне длин волн 40 – 80 мкм со средней мощностью до 0,5 кВт и пиковой мощностью до 1 МВт (импульсы с длительностью 50 пс и частотой повторения 7,5 МГц). В ближайшем будущем планируется поменять старый электромагнитный ондулятор на новый ондулятор с переменным периодом. Это позволит существенно расширить диапазон перестройки длины волны.

Ондулятор третьего ЛСЭ установлен на четвертой дорожке, как показано на Рис. 6.



Рисунок 6. Ондулятор третьего ЛСЭ.

Весь ондулятор состоит из трёх секций по 28 периодов. Каждая секция является отдельным ондулятором на постоянных магнитах с периодом 6 см и переменным зазором. Зазоры настраиваются независимо, поэтому средняя секция также может использоваться для фазировки двух крайних. Диапазон перестройки длины волны в третьем ЛСЭ составляет 5 - 20 мкм.

Длина оптического резонатора третьего ЛСЭ составляет около 40 м. Резонатор состоит из двух медных зеркал. В настоящее время излучение из резонатора выводится через отверстия в центре зеркал. Мы также планируем реализовать на этом ЛСЭ схему электронного вывода. В этой схеме пучок группируется в первом ондуляторе за счёт взаимодействия с внутрирезонаторным излучением, затем при помощи ахроматического поворота он отклоняется на небольшой угол так, что его излучение из второго ондулятора выходит под углом к оси оптического резонатора мимо переднего зеркала. Необходимо отметить, что данная схема имеет преимущество только для излучения с большой средней мощностью. Как правило, пользователям большая мощность не требуется, а вывод излучения через отверстия в зеркалах гораздо проще.

Расширение рабочего диапазона длин волн Новосибирского ЛСЭ до 340 микрон.

ЛСЭ имеют ключевое преимущество перед другими типами лазеров: возможность оперативной и плавной перестройки длины волны монохроматического излучения. Однако, этот процесс приводит к изменению жёсткости фокусировки ондулятора, а, следовательно, требует согласования остальной части магнитной системы ЛСЭ. Согласно условию резонанса

$$\lambda = \lambda_u \frac{1 + K^2/2}{2\gamma^2},$$

где λ - длина волны излучения, λ_u - период ондулятора, γ - лоренц-фактор, $K = eB\lambda_u / (2\pi mc^2)$ - параметр ондуляторности, B - амплитуда магнитного поля, e и m - заряд и масса электрона, c - скорость света, имеется два способа перестроить длину волны излучения. Первый - изменить энергию электронов, второй - изменить поле B .

С ростом поля ондулятора усиливается фокусировка электронов, пролетающих через ондулятор. Тем не менее, второй способ более предпочтителен, так как требует согласования магнитно-оптической системы локально, т. е. на участке, содержащем ондуляторы. Дорожка первого ЛСЭ содержит два ондулятора, разделённых пустым промежутком, и 8 квадрупольных линз, по 4 с каждой стороны от ондуляторов (см. Рис. 3 и 7).

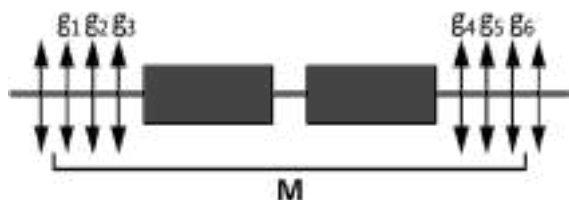


Рисунок 7. Схема дорожки ондуляторов первого ЛСЭ.

В 2019 году был разработан и испытан алгоритм компенсации изменения фокусировки ондулятора при перестройке длины волны излучения изменением K . Это позволило работать с большей амплитудой поля B , которая ограничена сейчас максимальным током источника питания обмоток ондулятора. Кроме того, был использован и первый способ, т. е. энергия электронов была снижена примерно на 10%. Это потребовало существенной перестройки режимов работы магнитной и ускоряющей систем УР.

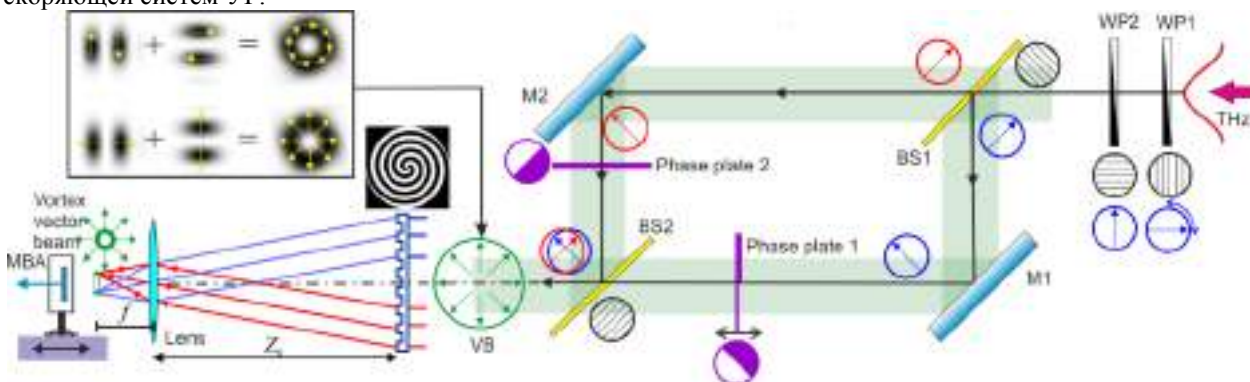


Рисунок 8. Оптическая система на основе модифицированного интерферометра Маха-Цендера, позволяющая формировать векторные пучки, векторные вихревые пучки и «идеальные» вихревые пучки терагерцового диапазона. Стрелки в кружках показывают направление вектора электрического излучения в разных частях системы; штриховкой в кружках показано направление сетки проволочных и фотолитографических поляризаторов.

Проведённые работы позволили получить излучение с длиной волны 340 микрон. На этой длине волны потери энергии излучения в оптическом резонаторе ЛСЭ за один проход (от зеркала к зеркалу и обратно), оценённые по времени затухания, составили 30%. По измерениям на меньших длинах волн известно, что коэффициенты отражения зеркал дают вклад около 10% в эту величину. Тогда дифракционные потери составляют около 20%, что разумно согласуется с простыми расчётами методом Фокса – Ли при известных апертурах в узких местах вакуумной камеры оптического резонатора.

Полученное длинноволновое излучение слабо поглощается в атмосфере и других диэлектриках. Оно перспективно для интраскопии и других приложений. Для дальнейшего расширения диапазона в сторону длинных волн планируется замена всего прямолинейного промежутка ЛСЭ и ондулятора на новые, имеющие большую апертуру.

Генерация закрученных векторных пучков.

Вихревые пучки используются во многих приложениях, но в большинстве случаев это скалярные пучки, имеющие одинаковую поляризацию по всему поперечному сечению. Однако существуют приложения, в которых поляризация луча должна быть разной в разных частях луча. В частности, луч может иметь радиальную или азимутальную поляризацию на периферии и сингулярность на оптической оси. Такие пучки называются векторными вихревыми пучками. Они используются в обработке материалов, оптическом захвате, запутывании фотонов и микроскопии. Ниже мы покажем, что векторные вихревые пучки также могут быть использованы для возбуждения вихревых поверхностных плазмон-поляритонов. В этом разделе мы представляем результаты эксперимента по генерации векторных пучков и векторных вихревых пучков в терагерцовом диапазоне на ЛСЭ.

Оптическая схема эксперимента показана на Рис. 8.

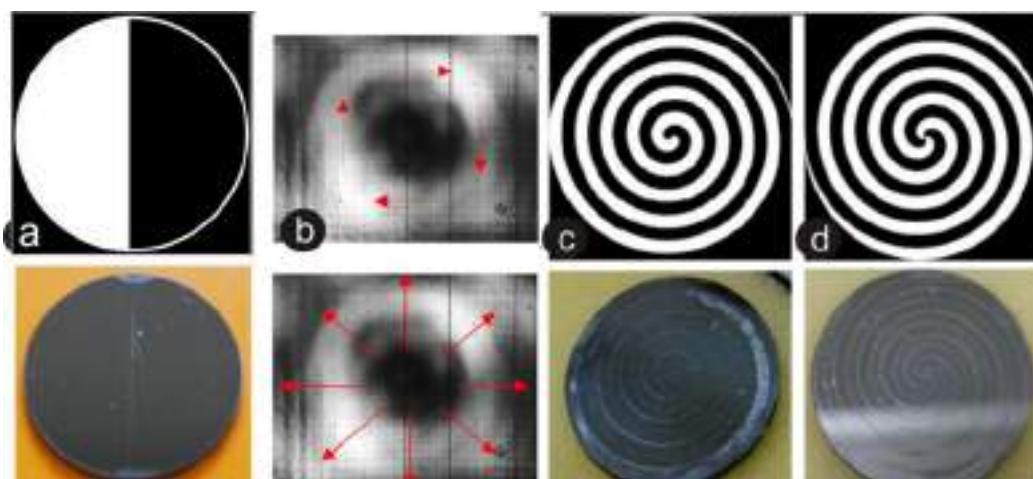


Рисунок 9. (а) Фазовая пластина для формирования эрмитово-гауссова пучка; (б) поперечное сечение векторных пучков, зарегистрированных решёткой микроболлометров на выходе интерферометра; (с) и (d) спиральные бинарные фазовые аксиконы из высокоомного кремния, образующие пучки Бесселя первого и второго порядков. Для (а), (с) и (d) верхняя строка показывает фазовую функцию (скачок фазы между «черной» и «белой» спиралями равен π); нижний ряд: фотографии элементов.

Его основой является модифицированный интерферометр Маха-Цендера. Радиационно-стойкий проволочный поляризатор WP1 регулирует интенсивность мощного линейно-поляризованного гауссова пучка НЛСЭ на входе в рабочую станцию. Второй проволочный поляризатор WP2 обеспечивает вертикальную линейную поляризацию луча на входе в интерферометр. Светоделители BS1 и BS2 представляют собой скрещенные фотолитографические поляризаторы, плоскости поляризации которых ориентированы под углом к входящему лучу, как показано на рисунке. BS1 разделяет пучок на два пучка с перпендикулярными поляризациями равной интенсивности.

Используя этот интерферометр, можно сформировать два типа векторных пучков из гауссова пучка. Для этого в каждое плечо интерферометра вставляются скрещенные фазовая пластина 1 и фазовая пластина 2; их фазовая функция показана на Рис. 9а. Эти пластины формируют эрмитово-гауссовы пучки, которые можно поляризовать двумя способами, как показано на вставке к Рис. 8. Переход от одного состояния поляризации к другому происходит, когда пластины в каждом плече интерферометра поворачиваются.

В экспериментах на выходе интерферометра создавались кольцевые векторные пучки с радиальной поляризацией, показанной на Рис. 9б. Затем кольцевые векторные пучки проходили через аксиконы спиральной фазы и трансформировались в векторные вихревые пучки Бесселя. Наконец, эти пучки фокусировались дополнительной линзой и преобразовывались в векторные «идеальные» вихревые пучки, которые сохраняли топологический заряд исходного бесселева пучка. Радиусы колец идеальных лучей одинаковы для

любых топологических зарядов. Эта особенность идеальных пучков может использоваться во многих приложениях.

Подводя итог, можно сказать, что оптическая система, показанная на Рис. 8, может применяться как для формирования комбинированных вихревых пучков в свободном пространстве, так и для генерации векторных лучей (VB), векторных вихревых лучей (VVB) и идеальных векторных вихревых лучей (PVVB). Ниже мы приведём пример возможного использования последних двух в одной из задач плазмоники.

Генерация комбинированных вихревых пучков.

Описанный выше интерферометр также использовался для исследования формирования комбинированных закрученных пучков, которые, как уже упоминалось выше, представляют интерес для создания мультиплексных систем связи. Для этого тонкие полипропиленовые плёнки заменили на поляризаторы, а дифракционные оптические элементы, ранее установленные в плечах интерферометра, были заменены аксиконами спиральной фазы, которые формировали пучки Бесселя различного порядка. Эти пучки на выходе интерферометра совмещались. Интерференционная картина регистрировалась с помощью матрицы микроболлометров. На Рис. 10 показаны интерференционные картины, рассчитанные в рамках скалярной теории дифракции, а также картины, зарегистрированные экспериментально. Видно хорошее совпадение результатов.

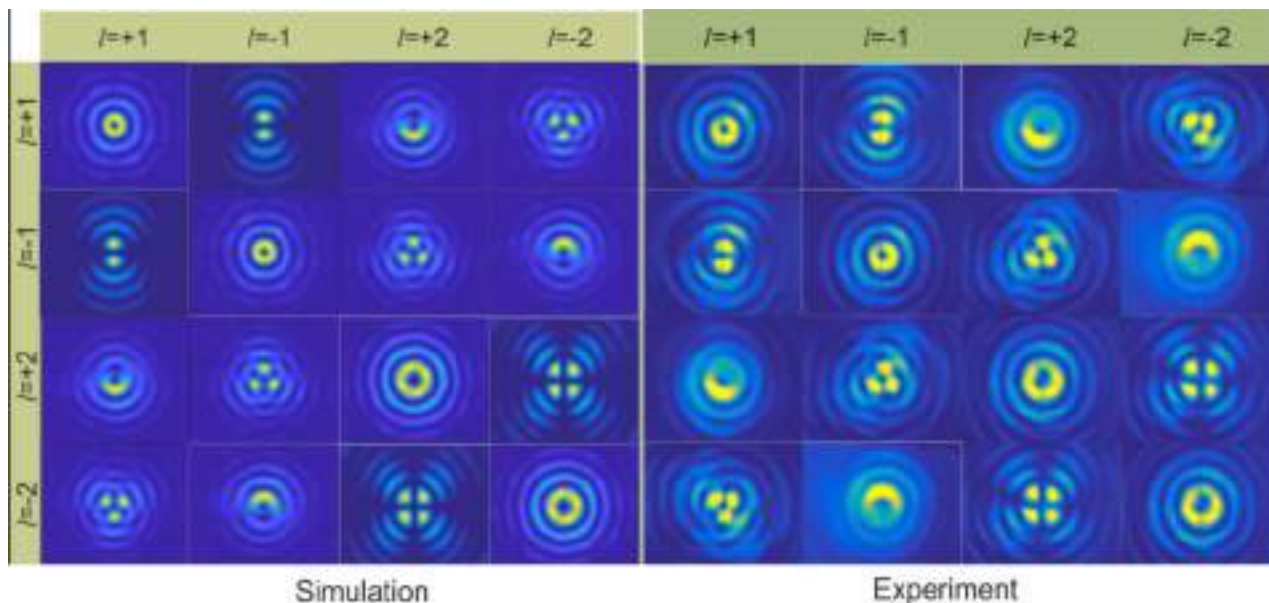


Рисунок 10. Сравнение распределения интенсивности в комбинациях двух бесселевых вихревых пучков с разными значениями и знаками топологического заряда, полученных в результате численного моделирования и записанных в экспериментах на НЛСЭ.

Квазиоптические плазмонные системы.

В 2020 году продолжались исследования устройств, в которых используются поверхностные плазмон-по-

ляритоны (ППП). В 2019 году был создан «плазмонный радар». Затем были созданы установки, которые продемонстрировали возможность создания квазиоптических систем для исследования поверхностей. Одна из таких систем показана на Рис. 11.

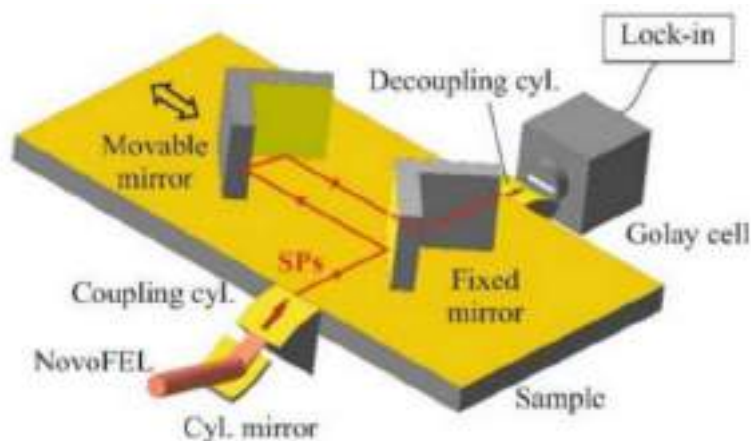


Рисунок 11. Устройство для исследования свойств поверхностей с помощью поверхностных плазмон-поляритонов.

Конструкция установки решает одну из основных проблем, затрудняющих эксперименты с ППП, а именно, сложность проведения измерений при изменении длины образца. В данной установке в течение всего эксперимента остаются неизменными как система для возбуждения плазмонов, так и детектирующая часть, а изменение длины образца обеспечивается перемещением уголкового зеркала. Возможность использования зеркал и светоделителей в экспериментах с плазмонами была проверена в специальных экспериментах.

Поверхностные плазмон-поляритоны и вихревые пучки.

В этом разделе мы опишем возможность использования поверхностных плазмон-поляритонов для идентификации топологического заряда вихревых пучков, а также возможность генерации вихревых плазмонов с помощью вихревых пучков. В обоих случаях мы используем свойство электромагнитного излучения генерировать поверхностные плазмон-поляритоны, когда пучок дифрагирует на прямоугольной границе. Этот

метод инициирования ППП называется дифракционным методом.

Известно, что для определения знака и величины топологического заряда вихревых пучков используются различные дифракционные или интерференционные

эффекты. Мы покажем здесь, что ППП также можно использовать для этой цели. Вариант такого устройства показан на Рис. 12.

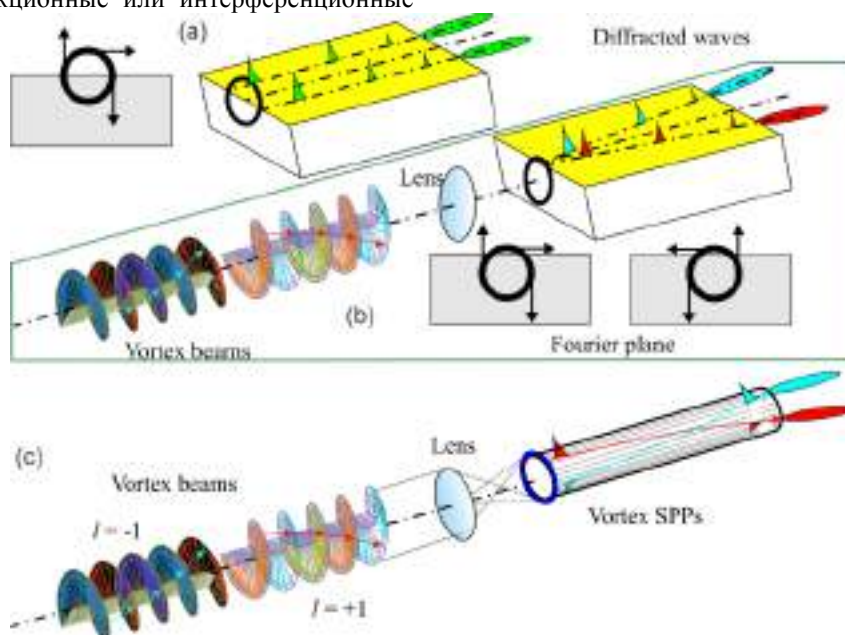


Рисунок 12. (а) и (б) - методика определения топологического заряда вихревого пучка. (с) - генерация вихревых поверхностных плазмон-поляритонов на цилиндрическом проводнике.

Это плоская металлическая поверхность с прямоугольным торцом. Вихревые пучки имеют особенность в центре, а периферийная часть пучка вращается вокруг оси со скоростью, пропорциональной топологическому заряду; пучки с положительным топологическим зарядом вращаются по часовой стрелке. Если вихревой пучок освещает торец плоской поверхности, как показано на Рис. 12 а, то вектор Пойнтинга в точках пересечения будет направлен перпендикулярно поверхности проводника. В этом случае генерируемые плазмоны не имеют поперечной компоненты импульса и будут распространяться перпендикулярно краю проводника. Если ось пучка сдвинута так, что на границе раздела дифрагирует верхняя часть пучка, то вектор Пойнтинга возникающего плазмона будет иметь поперечную составляющую, пропорциональную величине и знаку топологического заряда. Тогда, измерив угол наклона траектории к оси, можно определить топологический заряд. Если пучок состоит из комбинации нескольких вихревых пучков, набор детекторов, расположенных на заднем торце поверхности позволяет определить модовый состав исходного пучка.

Для генерации поверхностных плазмон-поляритонов с заданным орбитальным моментом на цилиндрических волноводах мы предложили использовать вихревые бесселевы пучки терагерцового диапазона. Такие ППП могут быть применены для создания мультиплексных устройств плазмонной связи. В таком устройстве связи необходимо создать на входе осесимметричного проводника несколько вихревых плазмо-

нов с разными топологическими зарядами. Интенсивность каждого из плазмонов модулируется во времени внешним сигналом, содержащим некоторую информацию. Если экспериментально подтвердится, что после прохождения линии передачи плазмоны сохраняют свой топологический заряд, то, пространственно разделив плазмоны с разными топологическими зарядами на выходе и расшифровав сигналы, мы продемонстрируем возможность создания такого устройства. Для этого в первую очередь необходимо исследовать возможность образования вихревых ППП на проволоках и изучить возможность создания комбинации пучков с разными топологическими зарядами.

Выше мы показали, что пучки Бесселя можно легко преобразовать в идеальные кольцевые пучки, которые имеют равные радиусы, но сохраняют исходные топологические заряды. Комбинация таких пучков может быть преобразована в комбинацию вихревых плазмонов по оптической схеме, показанной на Рис. 12 с.

Эксперименты по возбуждению вихревых плазмонов сейчас проводятся на одной из рабочих станций НЛСЭ. Первые результаты доложены на конференции SFR-2020.

Кремниевые субволновые аксиконы для преобразования поляризационного состояния терагерцовых пучков.

Появление новых источников терагерцового диапазона, в том числе мощных, таких как лазеры на свободных электронах, требует создания элементов для управления пучками такого излучения. В частности, был исследован дифракционный оптический элемент для преобразования линейно поляризованного излучения терагерцового диапазона в радиально поляризованный пучок - субволновой аксикон.

С целью исследования зависимости качества формируемого пучка от высоты микрорельефа были поставлены дополнительные численные эксперименты. Предполагалось, что гауссов пучок с длиной волны 129 мкм освещает аксикон с периодом 60 мкм, при этом высота микрорельефа варьировалась в пределах от 40 до 60 мкм. Радиус расчётной области в численном эксперименте выбирался равным 580 мкм. Выбранный размер расчётной области был достаточен для анализа поперечной структуры формируемого пучка. Показатель преломления материала подложки аксикона (кремний) для данной длины волны $n = 3,452 + 0,386i$. Таким образом, численное моделирование предсказывает возможность эффективного формирования радиально поляризованного пучка в терагерцовом диапазоне. Причём оптимальная высота рельефа равна 50 мкм, что соответствует расчётному значению высоты микрорельефа изготовленного элемента.

В качестве исходного материала для изготовления субволнового аксикона использовались подложки из высокоомного кремния диаметром 50 мм и толщиной 1 мм с двухсторонней полировкой оптического качества. Контроль параметров дифракционного микрорельефа изготовленных элементов осуществлялся методами интерферометрии белого света и средствами микроскопии. Анализ результатов микроинтерферометрии демонстрирует высокую точность реализации заданной высоты микрорельефа.

Субволновой аксикон (Рис. 13) был исследован на рабочей станции НЛСЭ.

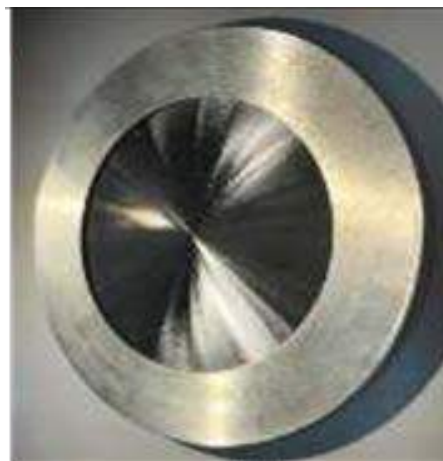


Рисунок 13. Субволновой аксикон.

Аксикон освещался линейно-поляризованным пучком с гауссовым распределением интенсивности в сечении (модовый радиус $w = 11$ мм, длина волны - 128,7 мкм). Во время экспериментов поляризация исходного пучка устанавливалась с помощью проволочного поляризатора. Пучок проходил через аксикон; изображение прошедшего пучка регистрировалось матричным пирозлектрическим приёмником Rigosam IV с матрицей 320×320 пикселей (размер одного элемента - 80 мкм). Полный размер изображения составлял 25,6×25,6 мм². Для каждого расстояния снимались три кадра: в отсутствие анализатора, с анализатором, пропускающим электромагнитное поле сонаправленно исходной поляризации, и с анализатором, пропускающим электромагнитное поле с ортогональным исходной поляризации направлением. Полученные результаты демонстрируют возможность увеличения информационной ёмкости систем связи терагерцового диапазона не только за счёт управления поперечно-модовым составом пучка, но и за счёт одновременного управления поперечно-модовым составом пучка и его поляризационным состоянием.

**ПРОМЫШЛЕННЫЕ
УСКОРИТЕЛИ
ЭЛЕКТРОНОВ**

УСКОРИТЕЛИ ТИПА ИЛУ

Новый ускоритель типа ИЛУ.

В 2019 году был разработан ускоритель ИЛУ-10М2 с диапазоном энергии электронов 3,5-5 МэВ и мощностью пучка до 100 кВт. Этот ускоритель будет востребован на растущем рынке обработки сельскохозяйственной и пищевой продукции тормозным излучением. Ускоритель может работать в режиме облучения электронным пучком и в режиме генерации тормозного излучения при помощи конвертора. Конвертор для этого ускорителя разрабатывается.

ИЛУ-10М2 является относительно простой однорезонаторной импульсной машиной работающей в режиме стоячей волны. Его основное отличие от ускорителя ИЛУ-10 – наличие трёх высокочастотных генераторов. В 2020 году на этом ускорителе были проведены пуско-наладочные работы.

На Рис. 1 показаны концептуальный проект нового ускорителя ИЛУ-10М2 и фотография верхней части ускорителя с тремя ВЧ генераторами в бункере в здании №18 ИЯФа.

Резонатор нового ускорителя разработан на основе резонатора ускорителя ИЛУ и мало чем отличается от него.

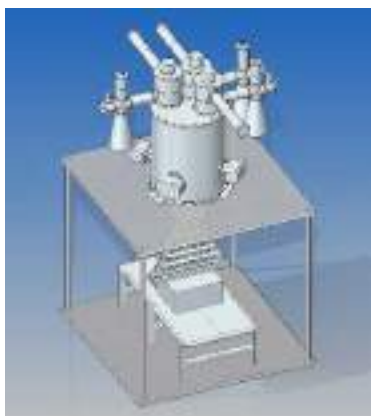


Рисунок 1. Концептуальный проект нового трёхгенераторного ускорителя ИЛУ-10М2 (вверху) и верхняя часть ускорителя с тремя ВЧ генераторами.

Главное отличие резонаторов этих машин – наличие 3-х посадочных мест для ВЧ генераторов у резонатора ИЛУ-10М2 (в отличие от 2-х посадочных мест у ИЛУ-10). Три высокочастотных генератора установлены над вакуумным объёмом и непосредственно связаны с резонатором, как и у ИЛУ-10.

Шунтовое сопротивление резонаторов ускорителей ИЛУ-10 и ИЛУ-10М2 составляет около 7 МОм, и при амплитуде высокочастотного напряжения 5 МВ импульсная мощность потерь в резонаторе составляет около 1,8 МВт.

Один генератор на ламповом триоде ГИ-50А выдаёт до 2 МВт высокочастотной мощности в импульсе. Таким образом, в обычном ускорителе ИЛУ-10 с 2 ВЧ генераторами мощность одного генератора почти полностью уходит на потери в резонаторе, а на ускорение электронного пучка идёт мощность второго генератора, и итоговая максимальная средняя мощность пучка достигает 50 кВт.

Добавление третьего генератора позволило увеличить суммарную импульсную высокочастотную мощность до 6 МВт. В процессе пуско-наладочных работ была обеспечена согласованная работа 3-х высокочастотных автогенераторов на общий резонатор.

В результате средняя мощность электронного пучка была увеличена вдвое по сравнению с ускорителем ИЛУ-10 – с 50 до 100 кВт.

Самовозбуждающиеся ВЧ генераторы обеспечивают стабильную работу ускорителя в достаточно широком диапазоне температур окружающего воздуха и охлаждающей дистиллированной воды.

Развитие ускорителей типа ИЛУ продолжается, разрабатываются новые ускорители и совершенствуются их системы питания и управления.

Система питания и управления ускорителем ИЛУ-10М2 с 3 ВЧ генераторами.

Для импульсного питания ускорителей ИЛУ используется модулятор, который обеспечивает работу на полной мощности 2-х ВЧ генераторов. Его рабочие параметры:

Выходное напряжение – до 34 кВ

Ток нагрузки – до 250 А

Импульсная мощность – 8,5 МВт

Длительность импульса – 0,5 мс

Энергия в импульсе – до 4 кДж.

Для анодного питания ускорителя ИЛУ-10М2 оснащённого тремя ВЧ генераторами было необходимо разработать новый импульсный модулятор с потребляемой мощностью от сети до 350 кВт.

Использование схемы с накоплением энергии от питающей сети в индуктивном реакторе, как это реализовано в существующих модуляторах, при потребляемой мощности 350 кВт приводит к сильным перекосам нагрузок в фазах питающего силового трансформатора, что делает такую конструкцию труднореализуемой и нецелесообразной.

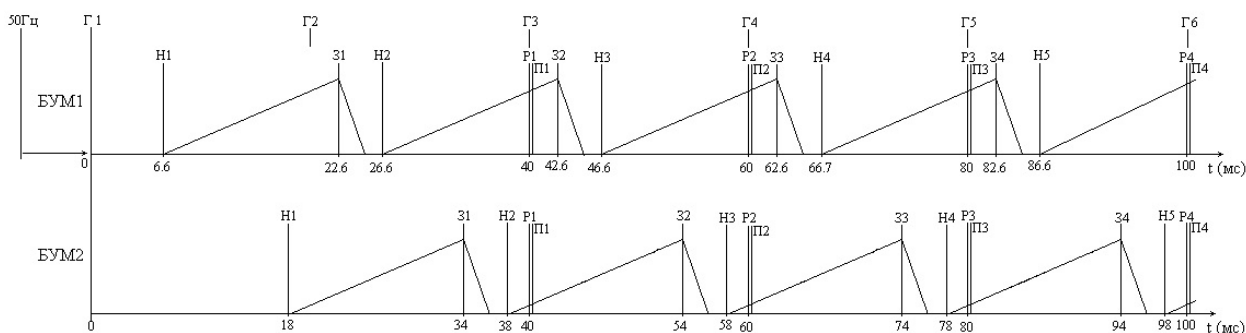


Рисунок 2. Графики токов 2-х модуляторов при максимальном накоплении и рабочей частоте 50 Гц. 50 Гц – импульс привязки к фазе питающей сети 50 Гц, Г – импульс “Генератор”, Н – импульс “Накопление”, З – импульс “Заряд”, Р – импульс “Разряд”, П – импульс “Перезаряд”

Для равномерного распределения нагрузки на фазы питающей сети было принято решение использовать 2 модулятора и производить накопление в индуктивных реакторах этих модуляторов с временным сдвигом 12 мс относительно друг друга с возможностью одновременной (регулируемой) подачи анодных импульсов 2-мя модуляторами и разным временем накопления тока в реакторах каждым модулятором (см. Рис. 2).

Первый импульс ускорителя, после его включения, происходит через 40 мс, далее при работе ускорителя на частоте 50 Гц импульсы будут следовать каждые 20 мс. Так же видно (см. Рис. 12), что полный цикл модулятора составляет 40 мс, хотя импульсы ускорителя происходят каждые 20 мс. Это достигается тем, что в работе модулятора переплетены два независимых цикла его работы со сдвигом 20 мс.

То есть, после окончания накопления в индуктивном реакторе, модулятор заряжает свою формирующую емкостную линию и оставляет её заряженной в ожидании импульса “РАЗРЯД” своего цикла, при этом он, не дожидаясь его прихода, начинает накопление тока в индуктивном реакторе, относящиеся уже к следующему циклу. В результате максимумы этих токов сдвинуты по фазе, что наглядно видно по осциллограммам токов индуктивных накопителей, отображённых в нижней части Рис. 3.

В новой системе управления импульсным питанием ускорителя было принято решение отказаться от системы перезаряда, которая обеспечивала закрытие накопительных тиристорных линеек, что упрощает схему модулятора и увеличивает его надежность. Закрытие накопительных линеек может обеспечиваться обратным напряжением емкостной линии, которое возникает после первого импульса модулятора без накопления.

Вышеизложенный принцип объединения двух модуляторов потребовал кардинальной переработки систем управления, как импульсным питанием генератора, так и прочими системами ускорителя.

Разработанная система управления модуляторами учитывает следующие требования:

- Частота следования импульсов 2-х блоков управления модулятором должна быть одинаковой.

- Времена передних фронтов импульсов выходного напряжения обоих модуляторов должны иметь регулировку сдвига друг относительно друга в пределах $\pm 0,1$ мс.

- Изменение режимов работы модуляторов должно происходить синхронно.

- Фазы зарядки емкостных формирующих линий и фазы анодных импульсов двух модуляторов должны быть жестко привязаны к заранее установленным моментам относительно фазы питающей сети.

- Нагрузка на фазы питающей сети должна быть, максимально равномерной.

- Обеспечение возможности произвести импульс модуляторов в момент накопления им энергии в индуктивном реакторе для следующего импульса.

- Включение/выключение силовых контакторов 2-х модуляторов должно происходить одновременно.

- Включение/выключение выпрямителей 2-х модуляторов должно происходить одновременно.

- При срабатывании любой из защит системы управления любого модулятора, программа управления ускорителем должна обозначить причину случившегося и источник события на экране монитора.

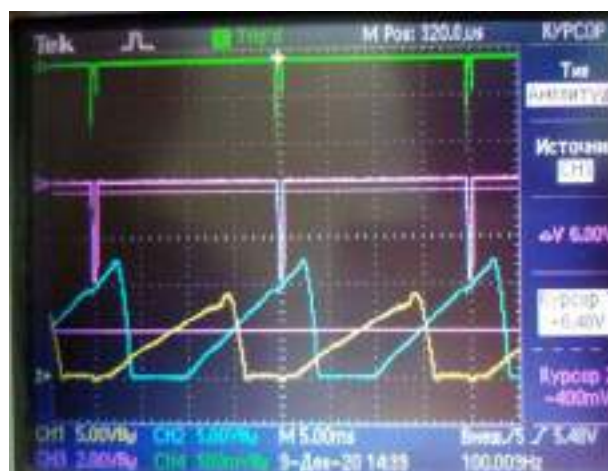


Рисунок 3. Осциллограммы токов реакторов 2-х модуляторов при максимальном накоплении с частотой повторения 50 Гц в отображены в нижней части осциллограммы.



Рисунок 4. Окно программы управления ускорителем ИЛУ-10М2 с 2 модуляторами.

Для использования новой схемы управления потребовалось модернизировать программное обеспечение Блоков управления модуляторами (БУМами) и основной программы управления ускорителем. Окно новой программы управления двухмодуляторным ускорителем показано на Рис. 4.

На действующем ускорителе ИЛУ-10М2 произведено тестирование системы управления двумя модуляторами и её программного обеспечения в режиме реальной работы.

Дальнейшее развитие системы управления ускорителями типа ИЛУ требует перехода на более перспективную архитектуру микроконтроллера и разработки нового универсального БУМа (Блока управления модулятором), который может быть использован для управления всей линейкой существующих ускорителей типа ИЛУ (ИЛУ-6/8/10/12/14).

Для реализации проекта был выбран микроконтроллер STM32, построенный на базе ядра Cortex-M4 удовлетворяющий поставленным задачам.

Для экономии времени разработки и учитывая то, что при малой цене, на плате DISCOVERY F4 уже расположены все необходимые электронные элементы для реализации цифрового ядра проекта, то принято решение на первом этапе встроить DISCOVERY F4 в уже существующий конструктив блока ВИШНЯ-40 и ВИШНЯ-120 (используемый для системы управления ускорителями ИЛУ). Компонка платы DISCOVERY F4 не позволяет её использовать, непосредственно подключив к системам ускорителя, необходим буфер из защитных и согласующих уровни сигналов элементов. Так же необходимо гальванически отделить питание и земли DISCOVERY F4 от земли систем ускорителя, для борьбы с помехами от мощных силовых схем системы импульсного питания.

Для создания кода программы микроконтроллера БУМ выбрана среда разработки Keil uVision (MDK-ARM). Интерфейс пользователя для управляющей системой компьютера написан в пакете разработчика National Instruments LabWindows CVI 9.0. На конец 2020 года закончена разработка и отладка программного обеспечения для реализации универсального варианта БУМ для одномодуляторных ускорителей типа ИЛУ. Разработана и испытана программа БУМ для микроконтроллера STM32 на плате DISCOVERY F4. Разработана и испытана программа контроля БУМ в среде National Instruments LabWindows CVI 9.0.

Закончено тестовое схемотехническое решение схемы в конструктиве ВИШНЯ-40, произведена разводка печатной платы. После испытания нового блока БУМ на базе микроконтроллера STM32 в конструктиве ВИШНЯ-40 на реально действующем ускорителе ИЛУ будет начата подготовка программы микроконтроллера STM32 и реализация БУМ в конструктиве ВИШНЯ-120 для ускорителя ИЛУ-14.

Исследование генерации тормозного излучения в новом конвертере и корректировка его конструкции.

Были продолжены работы по разработке и изготовлению конвертеров с упрощенной и более технологичной в изготовлении конструкции для диапазона энергии электронного пучка 5-7,5 МэВ. Основные параметры нового конвертора:

1. Размер окна для приёма пучка 1100 мм x 120 мм.
2. Давление охлаждающей дистил. воды – до 6 атм.
3. Расход охлаждающей дистиллированной воды – до 35 л/мин.
4. Вес конвертора – 85 кг.

В процессе проведения гидравлических испытаний происходила неупругая деформация танталовой пластины мишени (выгиб) и конвертор принимал окончательную форму. Последний вариант конвертора был испытан на давление 6 атм, некоторые предыдущие варианты были испытаны на давление 10 атм.

На Рис. 5 показан конвертер в процессе гидравлических испытаний на герметичность при давлении до 10 атм.



Рисунок 5. Измерение деформации танталовой пластины конвертора в процессе гидравлических испытаний.

По результатам испытаний и эксплуатации в конструкцию конвертора были внесены следующие изменения:

1. Увеличена ширина танталовой пластины, принимающей электронный пучок, который, тормозясь внутри неё, генерирует тормозное рентгеновское излучение. Это позволило более жёстко закрепить эту пластину, в результате выгиб этой пластины под действием давления охлаждающей воды уменьшился с 3 до 2 мм. Это обеспечило более высокую скорость потока воды вблизи поверхности танталовой пластины и лучший теплосъём.

2. Для изготовления нижней части конвертера, был использован алюминиевый сплав АМг6 вместо ранее использовавшегося сплава Д16т, обладающего низкой коррозионной стойкостью. Нижняя часть конвертора препятствует прохождению электронов и низкоэнергетической части спектра тормозного рентгеновского излучения в обрабатываемую продукцию.

3. Конвертор был снабжён опорами для его оперативного перемещения по специальным направляющим под электронный пучок и вывод обратно. Вес конвертора 85 кг, и вручную ставить его под пучок и убирать обратно затруднительно.

По заказу компании «КОРАД» такой конвертор был изготовлен и поставлен во Вьетнам в составе ускорителя.

Совместный облучательный центр ИЯФ-НГУ.

В здании №15 ИЯФа работает совместный облучательный центр ИЯФа и НГУ. За 2020 год было обработано 475 тонн медицинской продукции (одно-разового белья и инструментов и БАДов).

Исследование взаимодействия интенсивного электронного пучка с веществом.

В Институте ядерной физики постоянно ведутся работы по исследованию взаимодействия интенсивного электронного пучка с различными веществами и материалами. Результаты этих работ позволяют получать новые знания в физике взаимодействия электронных пучков с веществом, в радиационной физике и химии и в смежных областях. В результате развития этих работ расширяются области применения ускорителей и определяются технические требования к ускорителям и подпучковому оборудованию.

Совместно с Институтом химии твёрдого тела и механохимии СО РАН на протяжении последних лет проводятся работы по радиационно-стимулированной полимеризации метилметакрилата (ММА) с целью получения высокомолекулярного полиметилметакрилата (ПММА). Полимеры на основе ММА и других производных метакриловой кислоты широко применяются в технике – это оргстекло и изделия из него. Самолётные фонари, носовое остекление и иллюминаторы изготавливаются из высокомолекулярного ПММА.

В 2021 году основной объём работ проводился с метилметакрилатом (ММА) и композитами на его основе. Отрабатывался процесс радиационно-инициированной полимеризации метилметакрилата для получения полиметилметакрилата (ПММА) с высокой молекулярной массой (до $6,5 \cdot 10^6$). Также проводились работы по исследованию воздействия интенсивного электронного пучка на процессы полимеризации смесей мономеров и по радиационно-термическому синтезу.

Проведено исследование механических свойств высокомолекулярного (ВМ) ПММА. Показано, что ВМ ПММА обладает высокими прочностными характеристиками превышающими таковые у массово выпускаемого полимера. В целом результаты механических испытаний образцов показывают, что механические свойства ПММА получаемого методом радиационного инициирования ускоренными электронами имеют предельные характеристики для ПММА.

Исследовано взаимодействие ВМ ПММА с синхротронным излучением. Показано, что ВМ ПММА является перспективным материалом для рентгеновской литографии. Выявлено уменьшение времен затухания пострадиационной люминесценции при росте молекулярной массы.

Проводились исследования пострадиационной люминесценции высокомолекулярного ПММА после воздействия наносекундных импульсов синхротронного

излучения (СИ). Показано, что время пострадиационной люминесценции образцов уменьшается с ростом молекулярной массы ПММА.

Было проведено сравнение спектров люминесценции и кривых затухания после воздействия импульсного синхротронного излучения (СИ) различных образцов ПММА. Цель работ – создание новых детекторов для СИ с минимальным временем спада люминесценции менее 1 нс.

Было показано, что времена затухания люминесценции падают с ростом молекулярной массы, а ширина линии возрастает. Представление характеристического времени люминесценции от молекулярной массы в логарифмических координатах (Рис. 6) показывает наличие линейной зависимости $\tau - \lg M$.

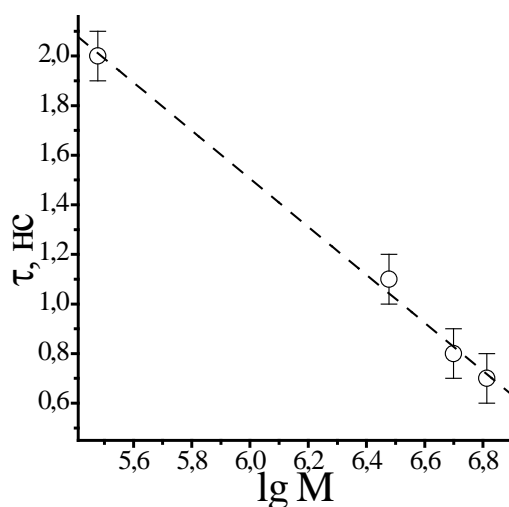


Рисунок 6. Зависимость характерного времени затухания люминесценции от молекулярной массы для образцов ПММА.

Были разработаны новые сверхбыстрые ($\tau \approx 1$ нс) сцинтилляторы на основе матрицы ПММА, заполненной вольфрам-содержащими наночастицами.

Вольфрам-содержащие наночастицы дают приемлемый световыход для регистрации импульсов синхротронного излучения. Матрица высокомолекулярного ПММА обеспечивает необходимую прочность сцинтилляционной структуры и вносит небольшой вклад в генерируемый светопоток благодаря низкому (по сравнению с вольфрамом) световыходу и малому времени затухания люминесценции.

Для получения композита был выбран способ полимеризации ММА после облучения ускоренными электронами при повышенном давлении летучего соединения гексакарбонила вольфрама - $W(CO)_6$.

В результате были получены композиты с содержанием карбонила вольфрама до 10%. Образцы имели равномерное сине-зеленое окрашивание. Молекулярная масса ПММА в композитах составляла ~ 3 - $3,5$ млн, коэффициент полидисперсности более 3.

Проверена технология травления стандартным для технологии LIGA раствором образцов ПММА полученных с помощью радиационно-стимулированной полимеризации и композита на его основе.

Из композитов ПММА содержащих карбонил вольфрама по технологии LIGA были изготовлены многоканальные детекторы СИ обладающие развитой структурой. Проводится проверка работы этих детекторов.

Также исследовались возможности получения различных других композитов с высокомолекулярным ПММА.

Определены условия получения однородного сополимера изодецил/бензил метакрилат. Показано увеличение вязкости сополимера при увеличении температуры растворов.

Были проведены работы по определению оптимальных условий синтеза сополимера бензилметакрилата и изодецилметакрилата с использованием электронно-лучевой обработки, была определена рабочая доза 20 кГр.

Проведена радиационно-иницируемая полимеризация производных метакриловой кислоты (метилметакрилата) с объемными заместителями. Данные полимеры могут в дальнейшем применяться в качестве адгезивов и для получения высоконаполненных композиций.

Сделаны первые эксперименты по получению высоконаполненных композиций сополимера изодецил/бензилметакрилата с наночастицами Vi_2O_3 и субмикрочастицами W, показавшие возможность получения однородных композиций с объемной долей наполнителя до 30%.

Существуют два метода увеличения огнестойкости полимерных материалов – введение в их состав антипиренов и электронно-лучевая обработка, приводящая к сшивке полимеров. Было исследовано влияния электронно-лучевой обработки на свойства широко распространённого антипирена брусита – природного гидроксида магния с примесями карбоната магния.

Эти работы проводились с участием аспирантки из Вьетнама Нгуен Ван Ан.

Показано, что электронно-лучевая обработка способствует измельчению материала и приводит к большему выделению воды при его нагревании. Большее выделение воды может быть связано с микрорастрескиванием материала и сорбцией воды из атмосферы при хранении.

Изучалось влияния облучения электронным пучком на тепловые свойства и гранулометрический состав гидроксида магния, который широко используется в различных отраслях промышленности в качестве антипирена при производстве термопластов и полимерных композиций. В частности, гидроксид магния является одним из самых популярных антипиренов, используемых в полимерных композитных материалах.

Совместно с Институтом комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл, и Институтом химии твёрдого тела СО РАН, Новосибирск, проводятся исследования влияния радиационной обработки на угли, добываемые в Туве, и на процессы коксования.

Совместно с Институтом катализа СО РАН проводились работы по радиационно-термическому синтезу различных соединений, в частности, используемых для изготовления мембран для топливных элементов.

Совместно с Институтом горного дела СО РАН проводились работы по исследованию действия интенсивного электронного пучка на предварительно обогащённое минеральное сырьё.

Совместно с Институтом цитологии и генетики СО РАН проводились работы по исследованию воздействия облучения на мышей для изучения свойств нового радиопротектора.

УСКОРИТЕЛИ ЭЛЕКТРОНОВ ЭЛВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

В 2020 году ИЯФом было поставлено 6 ускорителей за рубеж и 2 ускорителя в Россию.

Лаборатория продолжала работы по совершенствованию как конструкции ускорителей ЭЛВ, так и программного обеспечения системы управления ускорителем.

В части совершенствования системы управления ускорителями ЭЛВ был внедрен способ уменьшения времени вывода пучка на полную мощность программными методами.

Системы стабилизации энергии и тока в ускорителях ЭЛВ основаны на аналоговых ПИД-регуляторах, которые обеспечивают хорошую стабильность работы совместно с технологией. Возросшие требования технологических линий к скорости выхода ускорителя в заданные параметры, и внедрение технологических линий, в которых ускоритель является ведомым устройством, и должен в кратчайшие сроки реагировать на изменение входных параметров работы, заставили искать пути совершенствования систем стабилизации.

Цифроаналоговая стабилизация производится как надстройка существующей системы и выполняется как исходный код, добавляемый в основную программу управления ускорителем и способна обеспечить выходную скорость тока до 5 мА / сек при требуемой стабильности энергии. Такой подход позволяет просто модернизировать поставленные ранее ускорители.

Сам код состоит из двух независимых частей. Первая часть - это смещающий корректор задания тока пучка электронов, который вычисляет скорость нарастания тока и удерживает ее в заданном диапазоне с учетом режима работы и необходимости разогрева катода. Вторая часть - это компенсатор энергии. Он добавляет производную тока в канал задания энергии ускорителя, тем самым уменьшая отклонение энергии от заданной величины. Система прошла испытания и устанавливается на все ускорители ЭЛВ.

Была проведена адаптация программного обеспечения ускорителя с новой системой выпуска сфокусированного пучка.

Для формирования и выпуска пучка применена система электронной оптики, состоящей из двух линз и трех двух-координатных коррекций, а для калибровки положения и размера пучка используются три изолированные диафрагмы.

При автоматизации ускорителя УНУ "Стенд ЭЛВ-6" использовалась стандартная система управления ускорителями ЭЛВ в части стабилизации энергии и тока пучка, блокировок и защит. В систему управления добавлены источники питания линз, двухполярные источники питания коррекций и модифицированный блок измерений. Все блоки имеют необходимые каналы ЦАП для задания опорных сигналов, каналы АЦП для измерения контрольных сигналов, двоичные входные регистры для включения, сброса защит и переключения режимов, а также двоичные выходные ре-

гистры для контроля готовности и срабатывания защит. Все каналы связаны с управляющей станцией LCU под управлением персонального компьютера. Программное обеспечение на языке C++ адаптировано под эту систему.

Программа управляет включением блоков, отслеживает сигналы готовности и срабатывании защит, осуществляет мониторинг параметров. Все блоки управления разработаны и изготовлены в ИЯФ СО РАН. Режим работы ускорителя и системы проводки пучка ежеминутно протоколируется записью в архивный файл. Это позволяет анализировать работу ускорителя в течении длительного времени.

Вакуумная система дифференциальной откачки для выпуска пучка электронов состоит из четырех ступеней в которой установлены форвакуумные и турбомолекулярные насосы. Ускорительная трубка откачивается магниторазрядными насосами. Контроль вакуума в нижних ступенях осуществляется российскими промышленными приборами. А контроль вакуума в верхних ступенях системой автоматизированного управления. Изменение вакуума в нижних ступенях отражается на вакууме в верхних. При этом ухудшение вакуума и любая аварийная ситуация отслеживается программой и выводится предупреждающая информация или остановка ускорителя. Контроль вакуума ведется на программном и аппаратном уровнях.

Для экспериментальной работы используется развёртка пучка после выхода в атмосферу системы электромагнитной развёртки пучка. Развёртка предназначена для проведения закалки стальных изделий и наплавки порошковых материалов на металлические поверхности с высокой производительностью. На энергиях электронов до 1,5 МэВ может быть обеспечен угол отклонения пучка до 40° при пилообразной форме развёртки. Блоки питания и генераторов включены в систему управления ускорителем.

Для проведения экспериментов на УНУ "Стенд ЭЛВ-6" были созданы системы автоматизированного управления подпучковым оборудованием.

На экспериментальном стенде промышленного ускорителя электронов ЭЛВ-6 проводятся эксперименты по получению нанопорошков металлов и оксидов методом испарения материала, помещенного в водоохлаждаемый секционированный объем (сублиматор). Каждая секция сублиматора охлаждается отдельным потоком воды. Для контроля температуры и расхода воды, а также для оценки баланса мощности в сублиматоре была разработана и испытана система калориметрии. Данная система состоит из семи термодатчиков ТМ-106 (один для измерения температуры воды на входе и шесть для измерения температуры выходящей воды для каждого потока охлаждения), шести расходомеров с импульсным выходом и внешнего модуля АЦП/ЦАП E-card E14-440. Сигналы с термодатчиков напрямую подаются на каналы АЦП, импульсные сигналы с расходомеров предварительно преобразуются в промежуточной электронной схеме, а затем

также поступают в каналы АЦП. Также один из каналов АЦП предназначался для измерения тока пучка ускорителя.

Стандартная программа для работы с внешним модулем АЦП имеет функции как онлайн просмотра данных с необходимых каналов, так и записи в файл для

дальнейшего анализа. Ниже на рисунке 1 показана программа записи и отображения данных, а на рисунке 2 представлен график, на котором изображены обработанные данные одного из экспериментов. На графике видно изменение во времени мощности, подводимой пучком, и мощности, отводимой охлаждающей водой.

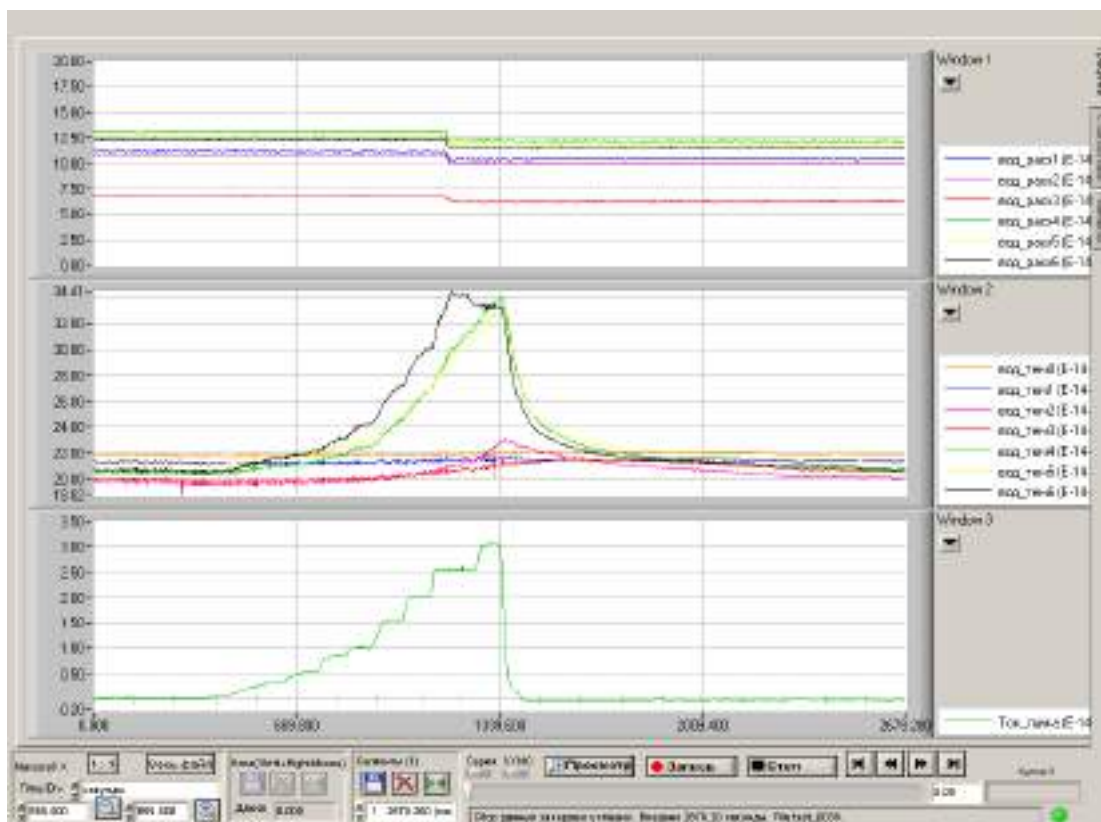


Рисунок 1. Программа записи и отображения данных.

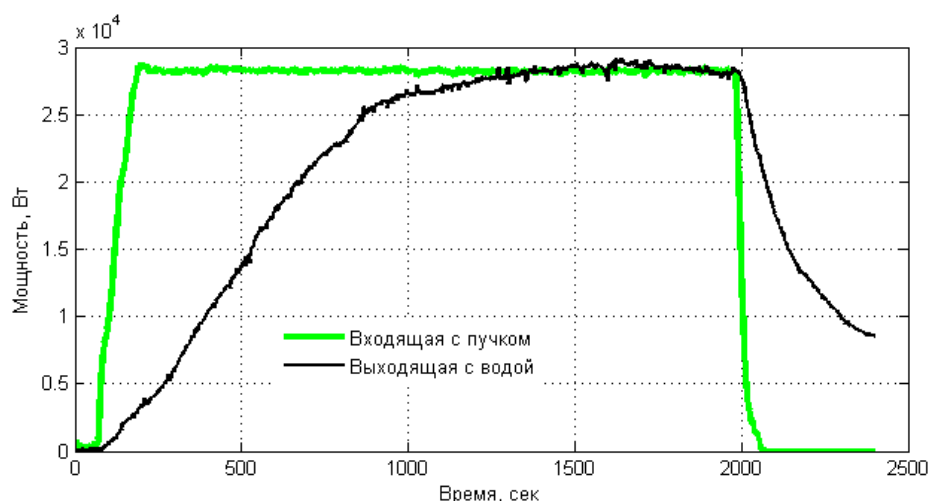


Рисунок 2. Обработанные данные одного из экспериментов.

Для проведения на ускорителе ЭЛВ-6 экспериментов по наплавке на металлические подложки порошковых материалов (или материалов в виде пла-

стин) в воздушной среде используется стол-манипулятор. Он позволяет дистанционно перемещать образцы относительно оси пучка с различной скоростью. Для передвижения каретки стола был установлен шаговый

двигатель типа ШД-5Д1МУЗ, который управляется блоком генерации управляющих импульсов и блоком электропривода ЭШД-5, разработанными в ИЯФ.

Результаты автоматизации УНУ "Стенд ЭЛВ-6" позволили быстрее и качественней проводить экспериментальные работы с концентрированным пучком на современном уровне. Другим результатом является то, что полностью автоматизированный ускоритель с системой концентрированного выпуска становится более привлекательным для возможных покупателей и потребителей.

На уникальной научной установке ЭЛВ-6 проведены исследования возможностей прокатки и вальцовки листовых материалов из разрабатываемых композиционных материалов с антикоррозионным покрытием толщиной 2 мм.

При изготовлении изделий из созданных методом вневакуумной наплавки композиционных материалов на основе титана могут применяться различные технологические процессы. Толщина подложки в используемом методе наплавки определяется необходимостью отвода тепла в глубь материала после проведения наплавки. Оптимальной является толщина не менее 10 – 12 мм.

В качестве основы для наплавки использовались пластины из технически чистого титана марки ВТ-1-0 и из сплава ВТ-14, на которых были сформированы покрытия соответственно состава 22%Ta-78%Ti и 16%Ta-5%Nb-79%Ti.

Исследовалась возможность горячей прокатки листового композиционного материала с исходной толщиной 12,7 мм на прокатном стане с диаметром валков 300 мм. Перед прокаткой образцы с наплавленным покрытием помещались в печь при температуре 800°C и выдерживались в зависимости от толщины из расчёта 1,5 мин на 1 мм толщины заготовки. После выдержки в печи заготовки в горячем состоянии прокатывались на прокатном стане так, чтобы за одну прокатку происходило уменьшение толщины заготовки на 0,5 – 1 мм. Процедура горячей прокатки повторялась до достижения заданных толщин в диапазоне от 2,5 до 10 мм.

Помимо прокатки исследовалась возможность применения технологии вальцовки. Вальцовка проводилась на образцах, полученных после прокатки (см. табл. 1) Заготовки по режимам 1, 3, 4, 5 подвергались горячей вальцовке, а по режиму 2 – холодной вальцовке после отжига в вакуумной печи при температуре 800°C и охлаждении с печью. Операция вальцовки не привела к каким-либо дефектам в покрытии.

Гибка заготовки толщиной 10 мм по режиму 6 осуществлялась на прессе с использованием специального штампа. Радиус гибки составлял 100 мм. Перед проведением штамповки образец подвергался вакуумному отжигу при температуре 800°C, штамповка проводилась в холодном состоянии образца.

Таблица 1. Режимы вальцовки предварительно прокатанных образцов

Номер режима прокатки	Материал образца	Толщина после последней прокатки	Диаметр валков	Габариты после последней прокатки	Радиус вальцовки
1	Ti-Ta/VT1-0	2,5	100	300x100	60
2	Ti-Ta-Nb/VT14	3,0	100	300x100	100
3	Ti-Ta-Nb/VT14	4,5	100	400x100	75
4	Ti-Ta-Nb/VT14	5,5	100	470x100	125
5	Ti-Ta-Nb/VT14	7,0	220	507x100	120
6	Ti-Ta-Nb/VT14	10	Гибка в пресс-форме	170x100	100

Результаты исследований показали, что исходный листовый материал может быть изогнут методом горячей вальцовки при условии возникновения при изгибе сжимающих напряжений в наплавленном слое. Изгиб может производиться на достаточно малые радиусы, вплоть до 75 мм для толщины материала 4,5 мм, и на радиус 100 мм для толщины 10 мм. Помимо горячей вальцовки возможна холодная вальцовка и штамповка, производимые после вакуумного отжига при температуре 800°C.

ФИЗИКА ДЛЯ МЕДИЦИНЫ

ДЕТЕКТОРЫ ДЛЯ МЕДИЦИНЫ

на долговременную стабильность характеристик прибора.

В 2020 году в Институте продолжались работы по разработке технологии производства сцинтилляционных детекторов на основе микропиксельных лавинных фотодиодов. На рисунке 1 показаны образцы структур субмиллиметрового разрешения на основе сцинтиллятора LFS-3, изготовленные методом лазерной абляции.

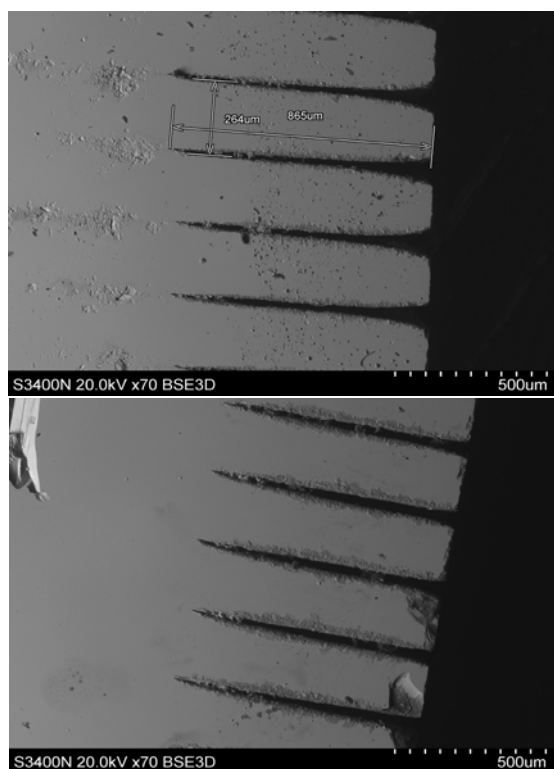


Рисунок 1. Общий вид формируемых структур.

На основе этих структур был изготовлен прототип детектора с шагом каналов регистрации 250 мкм, подтвердивший возможность создания детекторов рентгеновского излучения с высоким пространственным разрешением, работающих в режиме прямого счета фотонов.

В 2020 году продолжались измерения на установке бор-нейтрон захватной терапии в ИЯФ СО РАН с использованием прототипа детектора на основе микропиксельных лавинных фотодиодов и считыванием оптического сигнала с сцинтилляторов по пластиковому оптоволокну. В частности, данный детектор использовался при измерении параметров терапевтического потока нейтронов непосредственно в процессе проведения биологических экспериментов и измерении пространственных распределений потока нейтронов у мишени. В процессе экспериментов так же исследовалась радиационная стойкость материалов и компонентов детектора и влияние деградации их параметров

УСКОРИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ ДЛЯ БОР-НЕЙТРОНОЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ И ДРУГИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

В ИЯФ СО РАН предложен, создан и функционирует источник нейтронов на основе тандемного ускорителя заряженных частиц нового типа (ускорителя-тандема с вакуумной изоляцией) и литиевой мишени. В ускорителе получают стационарный пучок протонов или дейтронов с энергией в диапазоне от 0,6 до 2,1 МэВ при стабильности и моноэнергетичности 0,1 %, с током в диапазоне от 0,3 до 10 мА при стабильности до 0,4 %. При сбросе пучка протонов или дейтронов на литиевую мишень генерируют нейтроны и с применением замедлителей или кинематической коллимации формируют поток нейтронов различного энергетического диапазона: тепловых, эпитепловых, надэпитепловых, моноэнергетических или быстрых.

Измерение сечения реакции ${}^7\text{Li}(p,p'\gamma){}^7\text{Li}$ и выхода 478 кэВ фотонов из толстой литиевой мишени.

Возможность изменения энергии протонов в широком диапазоне и наличие разработанной технологии контролируемого напыления литиевого слоя толщиной от 1 до 300 мкм позволили гамма-спектрометрами с NaI скинтиллятором и с детектором из особо чистого германия измерить сечение реакции неупругого рассеяния протона на атомном ядре лития (${}^7\text{Li}(p,p'\gamma){}^7\text{Li}$) и выход 478 кэВ фотонов из толстой литиевой мишени в диапазоне энергий от 0,65 до 2,225 МэВ с шагом до 12,5 кэВ. Результаты измерений представлены на Рис. 1. Измеренное сечение реакции ${}^7\text{Li}(p,p'\gamma){}^7\text{Li}$ отличается более высокой точностью и достоверностью от данных, представленных в базе данных EXFOR. Энергетическая зависимость выхода 478 кэВ фотонов из толстой литиевой мишени измерена впервые в мире.

Метод *in situ* измерения толщины литиевого слоя.

Измеренная энергетическая зависимость выхода 478 кэВ фотонов из толстой литиевой мишени позволила реализовать метод неразрушающего *in situ* измерения пространственного распределения толщины литиевого слоя, когда сравнивают интенсивность излучения 478 кэВ фотонов из исследуемого литиевого слоя и из толстого. Измерение толщины лития до 100 мкм без генерации нейтронов продемонстрировано с использованием пучка протонов с энергией ниже порога генерации реакции ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$, равного 1,882 МэВ. Предложенный метод привлекателен для сертификации литиевых мишеней, планируемых к применению в БНЗТ.

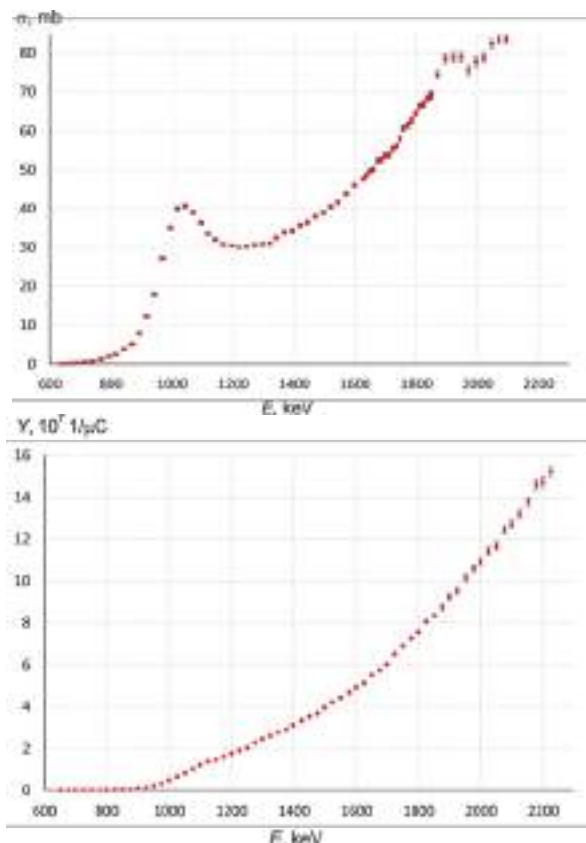


Рисунок 1. Зависимость сечения реакции ${}^7\text{Li}(p,p'\gamma){}^7\text{Li}$ (а) и выхода 478 кэВ фотонов из толстой литиевой мишени (б) от энергии протонов E .

Ускоритель-тандем с вакуумной изоляцией.

С применением подвижной охлаждаемой диафрагмы и проволочного сканера OWS-30 (D-Pace, Канада) измерен фазовый портрет пучка протонов (Рис. 2). Видно, что пучок практически идеален, заметных aberrаций нет, его нормализованный эмиттанс равен 0,23 п м рад. Такой пучок можно транспортировать без потерь в соседний бункер, предоставленный коллективу исследователей для расширения научной деятельности.

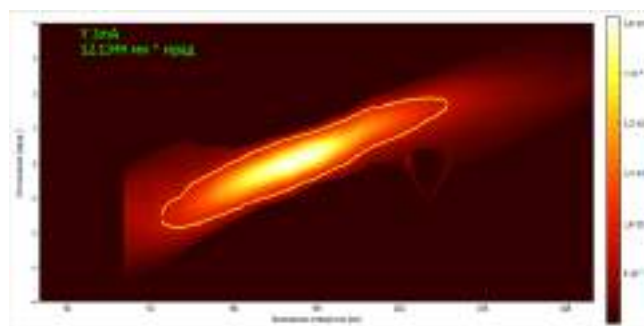


Рисунок 2. Фазовый портрет пучка протонов.

Измерение методом масс-спектропии показало, что ток пучка ионов аргона, образующихся в газовой обдирочной мишени и сопутствующих протонам, в 2000 раз меньше тока пучка протонов. Достоверность

измерения столь малой величины тока ионов аргона обеспечена регистрацией люминесценции литиевой мишени под действием пучка ионов. Такая малая величина тока сопутствующих ионов не требует модернизации газовой обдирочной мишени для его подавления.

Зависимость размера пучка протонов на поверхности литиевой мишени от его тока измерена термометрами, вставленными внутрь мишени и тепловизором. Установлено, что диаметр пучка протонов равен 33 ± 5 мм и не зависит от тока в диапазоне от 0,48 до 3,2 мА. Данное обстоятельство указывает на отсутствие заметного влияния пространственного заряда на транспортировку пучка протонов от ускорителя до мишени, что упрощает комплектацию тракта транспортировки пучка и обеспечивает надежность его получения в большом диапазоне изменения тока.

Профиль пучка протонов измеряют и контролируют охлаждаемыми диафрагмами с термометрами в мишени, по распространению границы плавления лития, по люминесценции лития на мишени и внутри обдирочной мишени – зрительной трубой через охлаждаемое металлическое зеркало.

Литиевая мишень.

Результат мирового значения, изменяющий сложившиеся представления, получен в понимании процессов, происходящих при имплантации протонов в металл, покрытый тонким слоем лития, и их влиянии на выход нейтронов. Полученные знания позволили разработать технологию изготовления материала, стойкого к радиационному блистерингу, и изготовить литиевую мишень с беспрецедентно длительным сроком эксплуатации без деградации выхода нейтронов и с чрезвычайно низким уровнем распространения с мишени неизбежно образующегося радиоактивного изотопа бериллий-7. Технологию изготовления мишени защищают подачей заявки на патент практически во всех странах мира.

Лечение домашних животных.

Проведено успешное лечение спонтанных опухолей у пяти крупных домашних животных. Клинические случаи были: 1) кошка с опухолью в области слизистой левого носового хода (по данным гистологии лимфома крупноклеточная, высокой степени злокачественности), 2) кот с опухолью мягких тканей области носа и верхней губы (по данным гистологии плоскоклеточная карцинома), 3) кошка с опухолью мягких тканей левого бедра, 4) собака с опухолью мягких тканей с тотальным поражением носовой полости и обструкцией носоглотки, 5) собака с опухолью мягких тканей со смещением носовой перегородки и обструкцией носоглотки. После проведения БНЗТ у всех животных была отмечена положительная динамика в виде остановки роста и/или уменьшения размеров опухоли на протяжении периода наблюдения в течение шести недель с улучшением витальных функций. У одного животного был от-

мечен рецидив опухоли на 6-й неделе наблюдения. Летальности и поздних постлучевых осложнений отмечено не было.



Рисунок 3. Фотографии домашних животных, вылеченных БНЗТ.

Дозиметрия.

В БНЗТ принято выделять 4 компоненты поглощенной дозы:

- 1) борная доза, обусловленная реакцией $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$;
- 2) азотная доза, обусловленная реакцией $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$;
- 3) доза быстрых нейтронов из-за упругого рассеяния протонов на атомных ядрах вещества, преимущественно на водороде;
- 4) доза гамма-излучения.

“Первые две компоненты доз не могут быть измерены в принципе”, как написано в книге “Нейтрон-захватная терапия” (Springer, 2012). Отсутствуют и методы измерения дозы быстрых нейтронов для БНЗТ, так как энергия нейтронов ниже 1 МэВ и ионизационные камеры деления не применимы. Достаточно много проверенных подходов существует только для измерения дозы γ -излучения.

В институте реализовано измерение всех трёх “неизмеряемых” компонент доз.

Борную дозу, одновременно с дозой γ -излучения, измеряют разработанным малогабаритным детектором нейтронов с литиевым полистирольным сцинтиллятором, обогащенным бором.

Сумму азотной дозы и дозы быстрых нейтронов измеряют новым методом, защищенным патентом, когда клеточные культуры подвергают воздействию γ -излучения и смешанного излучения (нейтроны и γ -излучение), измеряя дозу γ -излучения, и добиваются одинаковой выживаемости клеток за одинаковое время облучения, подбирая энергию и ток пучка протонов. Если облучение культур клеток одной линии двумя разными видами излучения за одно и то же время приводит к одинаковому выживанию клеток, то эквивалентные дозы равны. Следовательно, сумма азотной дозы и дозы быстрых нейтронов равна разнице дозы γ -излучения при воздействии только γ -излучения и дозы γ -излучения при воздействии смешанного излучения.

Генерация быстрых нейтронов.

В ускорителе-тандеме с вакуумной изоляцией получен стационарный 2,1 МэВ 1,4 мА пучок дейтронов и из литиевой мишени осуществлена генерация быстрых нейтронов с выходом $2 \cdot 10^{12} \text{ c}^{-1}$. Поток быстрых нейтронов применён для активационного анализа материалов, разработанных для Международного термоядерного реактора ИТЭР, и материалов, подготовленных для использования при радиационном тестировании оптических волокон системы лазерной калибровки калориметра CMS для работы Большого адронного коллайдера (ЦЕРН) в режиме высокой светимости.

Школа молодых ученых по БНЗТ.

Проведена 2-я Всероссийская Школа молодых ученых по бор-нейтронозахватной терапии, в которой приняло участие 89 участников, из них: 9 российских и 1 зарубежный ученый-лектор, а также 53 российских молодых ученых.

Подготовка научных кадров для БНЗТ.

Подготовлен и прочитан в Новосибирском государственном университете курс лекций “Основы БНЗТ”.

Финансовое обеспечение.

Научные исследования поддержаны грантом РФФИ № 19-72-30005 (лаборатория мирового уровня), грантами РФФИ 19-32-90118\19 и 19-32-90119\19 (поддержка аспирантов), грантом Правительства Новосибирской области, контрактами с ТАЕ (Калифорния, США), договорами на предоставление услуги для выполнения грантов РФФИ № 19-74-20069, 19-74-20123 и 19-74-20127.

Источник нейтронов для клиник БНЗТ.

ИЯФ СО РАН им. Г.И.Будкера совместно с компанией ТАЕ Life Sciences (Калифорния, США) разработал ускорительный источник нейтронов для бор-нейтронозахватной терапии онкологических заболеваний. Первая установка должна быть запущена в Neuboron Xiamen центре БНЗТ г. Сямьнь (провинция Фуцзянь, Китай), принадлежащем компании Neuboron. Это первая клиника БНЗТ в Китае и одна из первых шести клиник БНЗТ в мире.

В качестве прототипа при разработке был взят действующий в ИЯФ нейтронный источник. В нейтронном источнике используется ускоритель тандем для получения протонного пучка с энергией до 2,5 МэВ. Генерация нейтронов осуществляется при взаимодействии ускоренного пучка с литиевой мишенью.

При создании установки, на прототипе ускорителя в ИЯФ был отработан целый ряд новых технических решений, которые позволили существенно поднять параметры нейтронного источника и повысить надежность его работы: а) подача потенциала на электроды ускорителя непосредственно от секций выпрямителя ЭЛВ, что позволило существенно увеличить надежность и сократить высоту источника высоковольтного питания; б) доускорение пучка до 150 кэВ перед вводом в ускоритель, что снизило потери на начальном этапе ускорения; в) новый тип ионного источника отрицательных ионов, не требующий цезия.

РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВЫСОКО- ЧАСТОТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОЛЛАЙДЕРА NICA

В 2020 году в ИЯФ продолжались работы в рамках договоров с ОИЯИ, г. Дубна, на изготовление ВЧ системы коллайдера NICA.

Коллайдер NICA создается для проведения экспериментов на встречных пучках ядер золота на энергиях от 1 до 4,5 ГэВ/н. Каждый пучок в коллайдере движется по своему кольцу. В каждом кольце коллайдера необходимо иметь три типа ускоряющих станций.

Первый тип – барьерная станция (ВЧ-1). Используется для накопления и ускорения (при необходимости) инжектированных частиц до энергии эксперимента. Эта станция создает последовательности ускоряющих и тормозящих импульсов напряжений.

Станции второго типа (ВЧ-2) создают гармоническое напряжение на 22-ой гармонике частоты обращения частиц в ускорителе. Максимальное ускоряющее напряжение, создаваемое одной станцией 25 кВ. В одном кольце коллайдера будут установлены четыре станции ВЧ-2, создающие ускоряющее напряжение до 100 кВ.

Станции третьего типа (ВЧ-3) создают гармоническое напряжение на 66-ой гармонике частоты обращения. Максимальное ускоряющее напряжение, создаваемое одной станцией 125 кВ. В одном кольце будут установлены восемь станций ВЧ-3, создающие ускоряющее напряжение до 1 МВ.

ВЧ-1.

Станция ВЧ-1 состоит из источника питания мощностью 36 кВт, индукционного ускорителя и системы управления.

Обе станции ВЧ-1 были изготовлены и испытаны в ИЯФ: достигнут рабочий вакуум $3 \cdot 10^{-11}$ торр, проведены испытания отдельных элементов и станций в сборе в рабочем режиме. Получены импульсные напряжения на ускоряющем зазоре, соответствующие ТЗ: барьерное – импульсы амплитудой 5 кВ и длительностью 80 нс и ускоряющее – меандр амплитудой 300 В. После этого станции были доставлены в ОИЯИ и вновь успешно испытаны на стенде (рис. 1 и 2).

ВЧ-2.

Резонатор ВЧ-2 – это изготовленный из меди вакуумный коаксиальный резонатор, укороченный емкостью. Конструкция резонатора (для нижнего кольца коллайдера) показана на рис. 3. Резонатор состоит из обечайки, конических боковых стенок с центральными электродами, емкостных тюнеров для перестройки рабочей частоты и механизма замыкания зазора.

Обечайка (рис. 3 поз. 1) изготавливается из медной трубы большого диаметра, к которой припаиваются торцевые фланцы квадратной формы, патрубки и крепежные элементы для размещения приводов тюнеров и замыкателя ускоряющего зазора. На обечайке также расположены каналы водяного охлаждения.



Рисунок 1. Станция ВЧ-1 на испытаниях в ОИЯИ.



Рисунок 2. Форма барьерного напряжения на зазоре станции ВЧ-1.

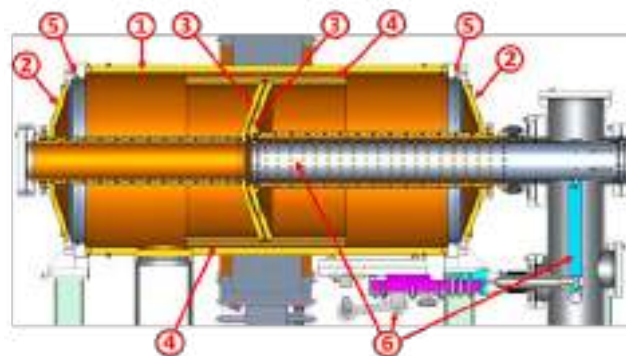


Рисунок 3. Конструкция резонатора: 1 – обечайка, 2 – конические боковые стенки, 3 – центральные электроды, 4 – пластины тюнеров, 5 – металлические вакуумные уплотнения HTMS, 6 – механизм замыкания зазора.

Конические боковые стенки с центральными электродами (рис. 3, поз. 2 и 3) изготавливаются из меди. Для соединения с обечайкой к ним припаиваются фланцы из нержавеющей стали. Каждая боковая стенка охлаждается расположенным по ее периметру каналом водяного охлаждения. Трубы центральных электродов имеют собственные каналы охлаждения. Сами центральные электроды охлаждаются за счет теплопередачи.

Коническая форма боковых стенок и торцов центральных электродов повышает их жесткость, делая геометрию резонатора (в которой имеется ряд узких зазоров) более устойчивой к воздействию вибраций.

Вакуумная плотность в месте присоединения стенок к обечайке (рис. 3, поз. 5) обеспечивается упругими металлическими прокладками фирмы HTMS. Положительный опыт работы с такими прокладками в ИЯФ уже имеется.

Четыре емкостных тюнера резонатора (рис. 3, поз. 4), расположенных аксиально-симметрично через 90° , обеспечивают перестройку рабочей частоты в диапазоне 11.5-13 МГц. Тюнеры изготавливаются из меди. Охлаждение тюнеров производится через водяные каналы, расположенные в их штоках.

Механизм замыкания зазора (рис. 3, поз. 6) состоит из двигателя, который с помощью эксцентрика и рычага перемещает расположенную в вакуумной камере трубу с упругими контактными элементами.

В 2020 году были завершены работы с прототипом резонатора ВЧ-2 (рис. 4). Получен вакуум $2.9 \cdot 10^{-11}$ торр, проведены испытания резонатора на максимальном напряжении 25 кВ. По результатам испытаний внесены изменения в конструкцию и технологию изготовления резонаторов.

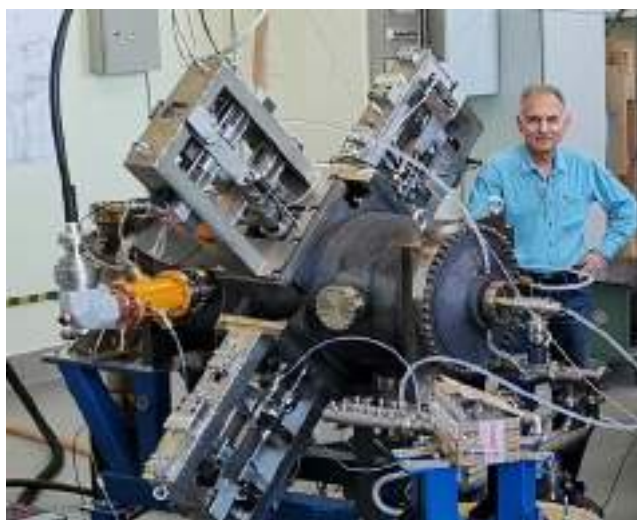


Рисунок 4. Испытания прототипа резонатора ВЧ-2.

Питание резонаторов осуществляется от полупроводниковых усилителей мощности производства ООО «Триада-ТВ». На рис. 5 показан прототип усилителя ВЧ-2.



Рисунок 5. Прототип усилителя ВЧ-2.

В настоящее время в экспериментальном производстве ИЯФ изготавливаются все 8 резонаторов ВЧ-2. Четыре двухканальных усилителя, выходной мощностью каждого канала – до 7 кВт, изготавливаются в ООО «Триада-ТВ».

ВЧ-3.

Станция ВЧ-3 состоит из ВЧ резонатора, перестраиваемого в диапазоне 34-39 МГц (рис. 6), полупроводникового усилителя производства ООО «Триада-ТВ» выходной мощностью до 40 кВт (рис. 7) и системы управления. Конструкции резонаторов ВЧ-3 и ВЧ-2 аналогичны.

Были изготовлены прототипы резонатора и усилителя ВЧ-3. В резонаторе получен вакуум $3 \cdot 10^{-11}$ торр. Проведены измерения основных параметров резонатора – рабочей частоты, диапазона перестройки, добротности. Полученные результаты соответствуют Техническому заданию. Проведены испытания резонатора до напряжения 150 кВ на ускоряющем зазоре во всём диапазоне рабочих частот.



Рисунок 6. Испытания прототипа резонатора ВЧ-3.



Рисунок 7. Прототип усилителя ВЧ-3.

По результатам испытаний в конструкцию резонатора и генератора были внесены небольшие конструктивные изменения. Запущено изготовление всех 16 станций ВЧ-3 и 16 ВЧ усилителей.

В 2021 году планируется изготовить и отправить в ОИЯИ все 8 станций ВЧ-2 и 16 станций ВЧ-3.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСА «СИБИРЬ-2»

В 2020 году в ИЯФ велись работы в рамках договора с НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» по модернизации ВЧ системы УНК «Сибирь-2». В настоящее время ВЧ система «Сибирь-2» состоит из двух мощных ВЧ генераторов на частоту 181 МГц с волноводно-фидерными системами и трех ВЧ резонаторов, причем один из генераторов работает на два резонатора, а другой – на один. Модернизация ВЧ системы включает в себя создание еще одного генератора, аналогичного двум имеющимся, с целью отдельного ВЧ питания всех трех ускоряющих резонаторов. Такая схема работы ВЧ системы накопителя электронов «Сибирь-2» позволит устойчиво работать с увеличением тока электронов в накопителе до 300 мА на энергии 2,5 ГэВ.

Для осуществления новой схемы подключения, кроме создания еще одного ВЧ генератора со своим волноводно-фидерным трактом для подключения к ВЧ резонатору, необходимы новые узлы и элементы волноводно-фидерных трактов, соединяющие уже имеющиеся два генератора с соответствующими резонаторами. Кроме того, как в новом, так и в двух существующих ВЧ генераторах вместо ламповых (на тетрадах ГУ-92А) каскадов предварительного усиления будут использованы полупроводниковые усилители производства ООО «Триада-ТВ». Источники низковольтного и высоковольтного питания ламповых (на двух тетрадах ТН-781) модулей выходных каскадов всех генераторов также будут новыми.

Такая модернизация увеличит общую мощность ВЧ системы «Сибирь-2» и позволит работать с большим количеством специализированных излучателей.

В 2020 году были изготовлены: волноводные и фидерные тракты (рис. 1) для системы отдельного питания ускоряющих резонаторов; предварительные полупроводниковые усилители (рис. 2) для всех трех генераторов; ламповые модули (рис. 3) и система высоковольтного и низковольтного питания ламп (рис. 4 и 5) для третьего генератора; система защиты ламповых каскадов от самовозбуждения на нерабочих частотах (рис. 6). Также к настоящему времени изготовлен стенд для полномасштабных испытаний нового генератора (рис. 7). Велись работы по созданию электроники управления, стабилизации и синхронизации генераторов с работой УНК.

В 2021 году будут проведены: холодные (малосигнальные) измерения волноводного тракта, настройка мощного выходного каскада, испытания нового генератора на согласованную нагрузку при номинальном уровне выходной мощности 200 кВт, включая системы управления и стабилизации. К середине 2021 года будут изготовлены новые источники высоковольтного и низковольтного питания для двух генераторов, в

настоящее время работающих в составе ВЧ системы «Сибирь-2», электроника системы управления.

В состав системы управления входят:

- задающий генератор,
- блок синхронизации,
- три канала управления ВЧ резонатором

Система управления будет расположена в трех стойках (рис. 8). В двух стойках будут расположены блоки управления трех ВЧ каналов большого накопителя (БН), система управления ВЧ канала бустера (в планах), а также система синхронизации БН и бустера (в планах). В третьей стойке будут расположены компьютер и два монитора, отображающие информацию о состоянии всех четырех ВЧ каналов (БН и бустера). Управление и диагностика может осуществляться как с ПК, расположенного в стойке рядом, так и с компьютеров УНК.



Рисунок 1. Элементы волноводно-фидерного тракта.



Рисунок 2. Полупроводниковый предварительный усилитель ВЧ генератора.



Рисунок 3. Ламповые модули мощного выходного каскада третьего ВЧ генератора.

Для автоматизированного управления и контроля ВЧ каналами УНК спроектирована ИТ инфраструктура, базирующаяся на аппаратуре в стандарте VME64 и использующая инженерное программное обеспечение на платформе Tango. Система состоит из шести крейтов и компьютерной структуры, объединённых с помощью сети Ethernet (рис. 8).



Рисунок 4. Высоковольтный источник анодного и экранного напряжения ламп ТН-781.



Рисунок 5. Шкаф низковольтного питания ламп ТН-781.



Рисунок 6. Система защиты каскадов от самовозбуждения на нерабочих частотах.



Рисунок 7. Стенд для испытаний нового ВЧ генератора.

Аппаратура, установленная в каждом VME-крейте, помимо системного контроллера, включает 32-х каналный осциллографический модуль ADCx32, регистры ввода/вывода и 8-канальный цифроаналоговый преобразователь. Два таких VME-комплекта, размещённых в стойках в радиопультровой, выполняют функции LLRF контроллеров. Ещё четыре обеспечивают операции по управлению и контролю мощными ВЧ генераторами БН и бустера УНК.

Помимо рутинных операций: включения / выключения / перестройки режимов элементов, создаваемая система обеспечит непрерывный мониторинг важных сигналов, таких как напряжение резонатора, ток фидера, фаза резонатора и так далее, который с темпом 70 тысяч выборок в секунду. Запись останавливается в случае аварий или сброса пучка, а зарегистрированные данные показывают развитие процессов как после аварии, так и до неё.

В состав компьютерной инфраструктуры входит центральный компьютер, размещаемый в радиопультовой и выполняющий функции сервера, осуществляя загрузку VME контроллеров, а также прочие операции по взаимодействию с элементами ИТинфраструктуры

ВЧ системы. Остальные компьютеры, установленные в шести радиостойках, служат для отображения данных и взаимодействия с локальными подсистемами.

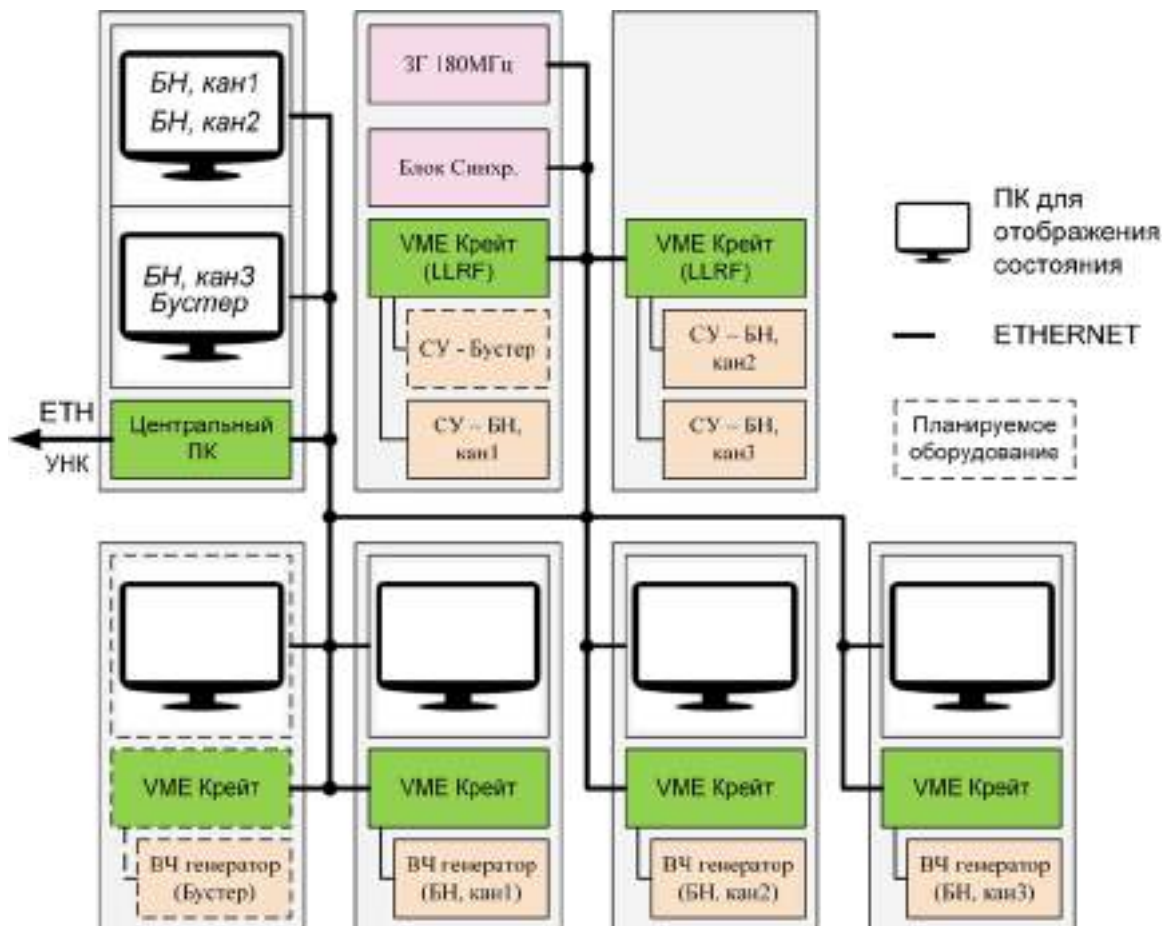


Рисунок 8. Блок схема системы управления и ИТ инфраструктуры ВЧ системы УНК.

Список публикаций сотрудников ИЯФ СО РАН

- 1 **Sadykov V.A., Pikalova E.Yu., Kolchugin A.A., Fetisov A.V., Sadovskaya E.M., Filonova E.A., Ereemeev N.F., Goncharov V.B., Krasnov A.V., Skriabin P.I., Shmakov A.N., Vinokurov Z.S., Ishchenko A.V., Pikalov S.M. Transport properties of Ca-doped Ln₂NiO₄ for intermediate temperature solid oxide fuel cells cathodes and catalytic membranes for hydrogen production // International Journal of Hydrogen Energy. - 2020. - Vol. 45, Is. 25 : Special issue on the 10th International Conference on Sustainable Energy and Environmental Protection (SEEP 2017), [June 27th – 30th 2017, Bled, Slovenia]. - P. 13625-13642. - Bibliogr.: 109 ref. - DOI 10.1016/j.ijhydene.2018.03.039.**
- 2 **Kuzmichev L., Collab. TAIGA, Kirilenko P., Kravchenko E., Sokolov A. Cherenkov EAS arrays in the Tunka astrophysical center: From Tunka-133 to the TAIGA gamma and cosmic ray hybrid detector // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. 952: 10th International Workshop on Ring Imaging Cherenkov Detectors (RICH 2018), [Moscow, Russian Academy of Sciences, 29 July – 4 August 2018]. - Art.nr 161830. - Bibliogr.: 21 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2019.01.056.**
- 3 **Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Blinov V.E., Bobrovnikov V.S., Bykov A. V., Ivanov V.Ya., Katcin A. A., Mamoshkina E.V., Ovtin I.V., Petrukhin K.G., Pivovarov S.G., Prisekin V.G., Pyata E.E. Development of a picosecond MCP based particle detector // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. 952: 10th International Workshop on Ring Imaging Cherenkov Detectors (RICH 2018), [Moscow, Russian Academy of Sciences, 29 July – 4 August 2018]. - Art.nr 161831. - Bibliogr.: 7 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2019.01.057.**
- 4 **Astapov I., Collab. TAIGA, Garmash A., Kravchenko E., Sokolov A. Optimization of electromagnetic and hadronic extensive air shower identification using the muon detectors of the TAIGA experiment // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. 952: 10th International Workshop on Ring Imaging Cherenkov Detectors (RICH 2018), [Moscow, Russian Academy of Sciences, 29 July – 4 August 2018]. - Art.nr 161730. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2018.12.045.**
- 5 **Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Bobrovnikov V.S., Buzykaev A.R., Danilyuk A.F., Katcin A. A., Kononov S.A., Kravchenko E.A., Kuyanov I.A., Onuchin A.P., Ovtin I.V. The production of the large scale aerogel radiators for use in the Ring-imaging Cherenkov detectors // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. 952: 10th International Workshop on Ring Imaging Cherenkov Detectors (RICH 2018), [Moscow, Russian Academy of Sciences, 29 July – 4 August 2018]. - Art.nr 162035. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2019.03.090.**
- 6 **Aly R., Collab. INFN RD-FA, Gribanov S., Popov A. First test-beam results obtained with IDEA, a detector concept designed for future lepton colliders // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. 958: Proceedings of the [15th] Vienna Conference on Instrumentation 2019: [VCI2019, Vienna, Austria, 18-22 February 2019]. - Art.nr 162088. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2019.04.042.**
- 7 **Budnev N., Collab. TAIGA, Garmash A., Kravchenko E., Sokolov A. TAIGA - A hybrid array for high-energy gamma astronomy and cosmic-ray physics // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. 958: Proceedings of the [15th] Vienna Conference on Instrumentation 2019: [VCI2019, Vienna, Austria, 18-22 February 2019]. - Art.nr 162113. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2019.04.067.**
- 8 **Kuzmin A., Group Belle II Calorimeter Electromagnetic calorimeter of Belle II // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. 958: Proceedings of the [15th] Vienna Conference on Instrumentation 2019: [VCI2019, Vienna, Austria, 18-22 February 2019]. - Art.nr 162235. - Bibliogr.: 7 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2019.05.076.**
- 9 **Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Bobrovnikov V.S., Buzykaev A.R., Bykov A. V., Danilyuk A.F., Ignatov F.V., Kasyanenko P. V., Katcin A. A., Kononov S.A., Korda D. V., Kravchenko E.A., Kuyanov I.A., Onuchin A.P., Ovtin I.V., Podgornov N. A., Porosev V.V., Shekhtman L.I., Talyshiev A.A., Tayursky V.A., Rodiakin V.A. PID system based on focusing aerogel RICH for the super C-τ factory // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. 952: 10th International Workshop on Ring Imaging Cherenkov Detectors (RICH 2018), [Moscow, Russian Academy of Sciences, 29 July – 4 August 2018]. - Art.nr 162247. - Bibliogr.: 31 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2019.05.088.**
- 10 **Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Bobrovnikov V.S., Buzykaev A.R., Danilyuk A.F., Katcin A. A., Kononov S.A., Kravchenko E.A., Kuyanov I.A., Onuchin A.P., Ovtin I.V. Particle detection efficiency of the KEDR detector ASHIPH system // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. 952: 10th International Workshop on Ring Imaging Cherenkov Detectors (RICH 2018), [Moscow, Russian Academy of Sciences, 29 July – 4 August 2018]. - Art.nr 162278. - Bibliogr.: 10 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2019.06.019.**
- 11 **Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Bobrovnikov V.S., Buzykaev A.R., Bykov A. V., Danilyuk A.F., Katcin A. A., Kononov S.A., Korda D. V., Kravchenko E.A., Kuyanov I.A., Onuchin A.P., Ovtin I.V., Podgornov N. A., Porosev V.V., Razuvaev G.P., Rodiakin V.A., Todyshv K.Yu., Vorobyev V. Particle identification system for the Super Charm-Tau Factory at Novosibirsk // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. 958: Proceedings of the [15th] Vienna Conference on Instrumentation 2019: [VCI2019, Vienna, Austria, 18-22 February 2019]. - Art.nr 162352. - Bibliogr.: 24 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2019.162352.**
- 12 **Bondar A., Buzulutskov A., Dolgov A., Frolov E., Nosov V., Oleynikov V., Shemyakina E., Sokolov A. Neutral bremsstrahlung in two-phase argon electroluminescence: further studies and possible applications // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. 958: Proceedings of the [15th] Vienna Conference on Instrumentation 2019: [VCI2019, Vienna, Austria, 18-22 February 2019]. - Art.nr 162432. - Bibliogr.: 24 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2019.162432.**
- 13 **Ivanov V.L., Fedotov G.V., Anisenkov A.V., Grebenuk A.A., Kozyrev A.N., Ruban A.A., Mikhailov K.Yu. Charged particle identification using the liquid Xenon calorimeter of the CMD-3 detector // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. 952: 10th International Workshop on Ring Imaging Cherenkov Detectors (RICH 2018), [Moscow, Russian Academy of Sciences, 29 July – 4 August 2018]. - Art.nr 161971. - Bibliogr.: 3 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2019.03.026.**
- 14 **Bondar A., Buzulutskov A., Parkhomchuk V., Petrozhitsky A., Shakirova T., Sokolov A. Low-pressure TPC with THGEM readout for ion identification in Accelerator Mass Spectrometry // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. 958: Proceedings of the [15th] Vienna Conference on Instrumentation 2019: [VCI2019, Vienna, Austria, 18-22 February 2019]. - Art.nr 162780. - Bibliogr.: 7 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2019.162780.**
- 15 **Shekhtman L., Aulchenko V., Kudashkin D., Kudryavtsev V., Prueel E., Ten K., Tolochko B., Zhulanov V. Operation of a silicon microstrip detector prototype for ultra-fast imaging at a synchrotron radiation beam // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. 958: Proceedings of the [15th] Vienna Conference on Instrumentation 2019: [VCI2019, Vienna, Austria, 18-22 February 2019]. - Art.nr 162655. - Bibliogr.: 16 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2019.162655.**
- 16 **Dhasmana S., Silagadze Z.K. Finsler spacetime in light of Segal's principle // Modern Physics Letters A. - 2020. - Vol. 35, Is. 6. - Art.nr 2050019. - Bibliogr.: 57 ref. - DOI 10.1142/S0217732320500194.**
- 17 **Kononenko T.V., Knyazev B.A., Sovyk D.N., Pavelyev V.S., Komlenok M.S., Komandin G.A., Konov V.I. Silicon kinoform cylindrical lens with low surface roughness for high-power terahertz radiation // Optics and Laser Technology. - 2020. - Vol. 123. - Art.nr 105953. - Bibliogr.: 28 ref. - DOI 10.1016/j.optlastec.2019.105953.**
- 18 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Search for the doubly charmed baryon Ξ^{cc} // Science China: Physics, Mechanics and Astronomy. - 2020. - Vol. 63, Is. 2. - Art.nr 221062. - Bibliogr.: 85 ref. - DOI 10.1007/s11433-019-1471-8.**
- 19 **Milstein A.I., Rudenko A.S. Consistent analysis of $f_1(1285)$ meson form factors // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 800. - Art.nr 135117. - Bibliogr.: 22 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2019.135117.**
- 20 **Achasov M.N., Barnyakov A.Yu., Beloborodov K.I., Berdyugin A.V., Berkaev D. E., Bogdanchikov A.G., Botov A.A., Dimova T.V., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kardapoltsev L.V., Kasaev A.S., Kharlamov A.G., Koop I.A., Korol A.A., Kovrizhin D.P., Koshuba S.V., Kupich A.S., Litvinov R.A., Lysenko A.P., Martin K.A., Melnikova N.A., Muchnoi N.Yu., Obrazovsky A.E., Pakhtusova E.V., Perevedentsev E.A., Pugachev K.V., Serednyakov S.I., Silagadze Z.K., Shatunov P.Yu., Shatunov Yu.M., Shtol D.A., Shwartz D. B.,**

- Surin I.K., Usov Yu.V., Zemlyansky I.M., Zhabin V.N., Zhulanov V.V. Search for direct production of the $f(1285)$ resonance in e^+e^- collisions // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. 800. - Art.nr 135074. - Bibliogr.: 25 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2019.135074.
- 21 Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Multiplicity dependence of light (anti-)nuclei production of light (anti-)nuclei production in p–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=5.02$ TeV // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. 800. - Art.nr 135043. - Bibliogr.: 55 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2019.135043.
- 22 Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Search for flavour-changing neutral currents in processes with one top quark and a photon using 81 fb^{-1} of pp collisions at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$ with the ATLAS experiment // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. 800. - Art.nr 135082. - Bibliogr.: 76 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2019.135082.
- 23 Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Searches for lepton-flavour-violating decays of the Higgs boson in $\sqrt{s}=13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. 800. - Art.nr 135069. - Bibliogr.: 95 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2019.135069.
- 24 Postupaev V.V., Batkin V.I., Burdakov A.V., Burmasov V.S., Ivanov I.A., Kuklin K.N., Mekler K.I., Rovenskikh A.F., Sidorov E.N. Results of the first plasma campaign in a start configuration of GOL-NB multiple-mirror trap // *Plasma Physics and Controlled Fusion*. - 2020. - Vol. 62. Is. 2. - Art.nr 025008. - Bibliogr.: 23 ref. - DOI 10.1088/1361-6587/ab53c2.
- 25 Chesnokov E.N., Krasnoperov L.N., Kubarev V.V. Optical free-induction decay of paramagnetic molecules in magnetic field // *Laser Physics*. - 2020. - Vol. 30. Is. 1. - Art.nr 015204. - Bibliogr.: 28 ref. - DOI 10.1088/1555-6611/ab535a.
- 26 Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Combination of searches for Higgs boson pairs in pp collisions at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$ with the ATLAS detector // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. 800. - Art.nr 135103. - Bibliogr.: 75 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2019.135103.
- 27 Berg F., Grigoriev D.N., Hodge Z., Kettle P.-R., Kozyrev E.A., Lemzyakov A.G., Petrozhitsky A.V., Popov A. A quasi-non-invasive ultrathin luminophore foil detector system for secondary beam monitoring // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A*. - 2020. - Vol. 955. - Art.nr 163298. - Bibliogr.: 34 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2019.163298.
- 28 Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Search for displaced vertices of oppositely charged leptons from decays of long-lived particles in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. 801. - Art.nr 135114. - Bibliogr.: 60 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2019.135114.
- 29 Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Search for non-resonant Higgs boson pair production in the $b\bar{b}\nu\bar{\nu}$ final state with the ATLAS detector in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. 801. - Art.nr 135145. - Bibliogr.: 133 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2019.135145.
- 30 Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Search for the Higgs boson decays $H \rightarrow ee$ and $H \rightarrow e\mu$ in pp collisions at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$ with the ATLAS detector // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. 801. - Art.nr 135148. - Bibliogr.: 98 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2019.135148.
- 31 Семенов А.М., Анашин В.В., Жариков А.А., Краснов А.А., Фаткин Г.А., Шварц Д.Б. Первые экспериментальные результаты на новом канале вывода СИ на ВЭПП-2000 для вакуумной системы HL–LHC // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. - 2020. - № 1. - С. 16-19. - Библиогр.: 8 назв. - DOI 10.31857/S1028096020010148.
- 32 Yakovlev D.V., Syrovatin V.M., Bagryansky P.A., Zubko V.V., Vysotsky V.S., Fetisov S.S., Zanev S.Yu. The General Appearance of the Superconducting Magnet System for the Gas-Dynamic Multimirror Trap // *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. - 2020. - Vol. 30. Is. 4. - Art.nr 4200204. - Bibliogr.: 7 ref. - DOI 10.1109/TASC.2019.2959212.
- 33 Akhmetov D.G., Akhmetov T.D. Flow structure and mechanism of heat transfer in a Ranque–Hilsch vortex tube // *Experimental Thermal and Fluid Science*. - 2020. - Vol. 113. - Art.nr 110024. - Bibliogr.: 38 ref. - DOI 10.1016/j.exthermflusci.2019.110024.
- 34 Adlarson P., Collab. WASA-at-COSY, Bondar A., Schwartz B. Search for η mesic ${}^3\text{He}$ with the WASA-at-COSY facility in the $pd \rightarrow {}^3\text{He}2\gamma$ and $pd \rightarrow {}^3\text{He}6\gamma$ reactions // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. 802. - Art.nr 135205. - Bibliogr.: 55 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135205.
- 35 Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Measurement of strange baryon–antibaryon interactions with femtosopic correlations // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. 802. - Art.nr 135223. - Bibliogr.: 75 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135223.
- 36 Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Evidence of rescattering effect in Pb–Pb collisions at the LHC through production of $K^*(892)^0$ and $\phi(1020)$ mesons // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. 802. - Art.nr 135225. - Bibliogr.: 66 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135225.
- 37 Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of the decays $XcJ \rightarrow \phi\eta$ // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 101, Is. 1. - Art.nr 012012. - Bibliogr.: 27 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.012012.
- 38 Lees J. P., Collab. BABAR, Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kozyrev E.A., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Todyshiev K.Yu. Resonances in e^+e^- annihilation near 2.2 GeV // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 101, Is. 1. - Art.nr 012011. - Bibliogr.: 21 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.012011.
- 39 Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Cross section measurement of $e^+e^- \rightarrow \eta'J/\psi$ from $\sqrt{s}=4.178$ to 4.600 GeV // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 101, Is. 1. - Art.nr 012008. - Bibliogr.: 35 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.012008.
- 40 Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Amplitude analysis of the $B^+ \rightarrow \pi^+\pi^+\pi^0$ decay // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 101, Is. 1. - Art.nr 012006. - Bibliogr.: 106 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.012006.
- 41 Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Updated measurement of decay-time-dependent CP asymmetries in $D^0 \rightarrow K^+K^-$ and $D^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ decays // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 101, Is. 1. - Art.nr 012005. - Bibliogr.: 46 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.012005.
- 42 Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Measurement of $J/\psi \rightarrow \Xi(1530)^-\Xi^+$ and evidence for the radiative decay $\Xi(1530)^- \rightarrow \Xi^-\pi^+$ // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 101, Is. 1. - Art.nr 012004. - Bibliogr.: 37 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.012004.
- 43 Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Combined measurements of Higgs boson production and decay using up to 80 fb^{-1} of proton-proton collision data at $\sqrt{s}=13$ TeV collected with the ATLAS experiment // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 101, Is. 1. - Art.nr 012002. - Bibliogr.: 170 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.012002.
- 44 Popov S., Atlukhanov M., Sanin A., Abdrakhmanov S., Belchenko Yu., Ivanov A., Gmyrya A. Optical diagnostics of negative ion beam transport // *Review of Scientific Instruments*. - 2020. - Vol. 91, Is. 1. - Art.nr 013311. - Bibliogr.: 11 ref. - DOI 10.1063/1.5128565.

- 45 **Sorokin A.V., Akhmetov T.D., Brul A.V., Davydenko V.I., Ivanov A.A., Karpushov A.N., Mishagin V.V., Shikhovtsev I.V.** Update of ion-optical system of neutral beam of Tokamak a Configuration Variable // Review of Scientific Instruments. - 2020. - Vol. **91**, Is. **1**. - Art.nr 013323. - Bibliogr.: 6 ref. - DOI 10.1063/1.5128569.
- 46 **Ragozin A., Zedgenizov D., Shatsky V., Kuper K., Kagi H.** Deformation features of super-deep diamonds // Minerals. - 2020. - Vol. **10**, Is. **1**. - Art.nr 18. - Bibliogr.: 68 ref. - DOI 10.3390/min10010018.
- 47 **Gribanov S.S., Popov A. S., Akhmetshin R.R., Amirkhanov A.N., Anisenkov A.V., Aulchenko V.M., Banzarov V.Sh., Bashtovoy N.S., Berkaev D. E., Bondar A.E., Bragin A. V., Eidelman S. I., Epifanov D.A., Epshteyn L.B., Erofeev A.L., Fedotov G. V., Gayazov S. E., Grancagnolo F.J., Grebenuk A.A., Grigoriev D.N., Ignatov F.V., Ivanov V. L., Karpov S.V., Kazanin V.F., Kirpotin A.N., Koop I.A., Korobov A.A., Kovalenko O.A., Kozyrev A.N., Kozyrev E.A., Krokovny P.P., Kuzmenko A.E., Kuzmin A.S., Logashenko I.B., Lukin P. A., Mikhailov K.Yu., Mikhailov K.Yu., Okhapkin V.S., Otboev A.V., Pestov Yu.N., Razuvaev G.P., Rogovsky Yu. A., Ruban A.A., Ryskulov N.M., Ryzhenkov A.E., Semenov A.V., Senchenko A.I., Shatunov Yu.M., Shatunov P.Yu., Shebalin V.E., Shemyakin D.N., Shwartz B.A., Shwartz D. B., Sibidanov A.L., Solodov E.P., Titov V.M., Talyshv A.A., Tolmachev S. S., Vorobiov A.I., Zemlyansky I.M., Yudin Yu.V.** Measurement of the $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$ cross section with the CMD-3 detector at the VEPP-2000 collider // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. **2020**, Is. **1**. - Art.nr 112. - Bibliogr.: 44 ref. - DOI 10.1007/JHEP01(2020)112.
- 48 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Search for a charged Higgs boson decaying into top and bottom quarks in events with electrons or muons in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. **2020**, Is. **1**. - Art.nr 96. - Bibliogr.: 114 ref. - DOI 10.1007/JHEP01(2020)096.
- 49 **Aaboud M., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V.** Measurement of long-range two-particle azimuthal correlations in Z-boson tagged pp collisions at $\sqrt{s}=8$ and 13 TeV // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. **80**, Is. **1**. - Art.nr 64. - Bibliogr.: 61 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-7606-6.
- 50 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V.** Performance of electron and photon triggers in ATLAS during LHC Run 2 // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. **80**, Is. **1**. - Art.nr 47. - Bibliogr.: 53 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-019-7500-2.
- 51 **Aaboud M., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V.** Measurement of J/ψ production in association with a $W \pm$ boson with pp data at 8 TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. **2020**, Is. **1**. - Art.nr 95. - Bibliogr.: 56 ref. - DOI 10.1007/JHEP01(2020)095.
- 52 **Aaboud M., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V.** Fluctuations of anisotropic flow in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV with the ATLAS detector // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. **2020**, Is. **1**. - Art.nr 51. - Bibliogr.: 76 ref. - DOI 10.1007/JHEP01(2020)051.
- 53 **Nikitin P.A., Knyazev B.A., Voloshinov V.B., Scheglov M.A.** Observation of Acousto-Optic Diffraction of Terahertz Radiation in Liquefied Sulfur Hexafluoride at Room Temperature // IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology. - 2020. - Vol. **10**, Is. **1**. - P. 44-50. - Bibliogr.: 22 ref. - DOI 10.1109/TTHZ.2019.2948821.
- 54 **Andreev A.V., Angeluts A.A., Balakin A.V., Kotelnikov I.A., Minaev N.V., Solyankin P.M., Stremoukhov S.Yu, Y. Shkurinov A.P.** THz Generation in Laser-Induced Breakdown in Carbon Dioxide at Different Levels of Gas Pressure // IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology. - 2020. - Vol. **10**, Is. **1**. - P. 85-92. - Bibliogr.: 32 ref. - DOI 10.1109/TTHZ.2019.2948530.
- 55 **Vaidyanathan A., Kravchenko E.** Identification of ultrahigh energy extensive air showers with Taiga-Muon installation [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 3.
- 56 **Ovtin I.** CMS ECAL monitoring and its upgrade for High-Luminosity LHC [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 4.
- 57 **Shaw S., Maximov D.** The ATLAS Electron and Photon Trigger Performance in Run 2 [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 4.
- 58 **Kononov S., Kuyanov I., Beloborodov K., Tayursky V., Podgornov N., Zezulyn I., Pomuleva S., Barnyakov A., Barnyakov M., Bykov A.** Forward RICH detector for the PANDA experiment [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 10.
- 59 **Shakirova T., Bondar A., Buzulutskov A., Parkhomchuk V., Petrozhitskiy A., Sokolov A.** Ion detector for Accelerator Mass Spectrometry based on low-pressure TPC with THGEM readout [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 11.
- 60 **Frolov E., Buzulutskov A., Nosov V., Oleynikov V., Sokolov A., Bondar A., Borisova E.** Observation of unusual slow components in electroluminescence signal of two-phase argon detector [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 15.
- 61 **Kuttikattu Vadakeppattu V., Sokolov A., Shekhtman L., Maltsev T.** Time Projection Chamber as Inner Tracker for Super CharmTau Factory at BINP [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 17-18.
- 62 **Oleynikov V., Bondar A., Borisova E., Buzulutskov A., Frolov E., Nosov V., Sokolov A.** Observation of primary scintillations in the visible range in liquid argon doped with methane [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 18.
- 63 **Remnev M.** Data Acquisition System for Belle II Electromagnetic Calorimeter [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 20.
- 64 **Kozyrev A., Ruban A., Shoukovy D., Fedotov G., Grigoriev D., Epshteyn L.** COMET CRV SiPM readout prototype board performance [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 27.
- 65 **Shekhtman L.** Simulation of physics background in Super c-tau factory detector [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 27.
- 66 **Shekhtman L.** Operation of silicon microstrip detector with integrating readout for fast time-resolved experiments [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 28.
- 67 **Shekhtman L.** Development of a silicon microstrip detector prototype for ultra-fast imaging at a synchrotron radiation beam [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 28.

- 68 **Melnikova N.** SND electromagnetic calorimeter time measurement and its applications [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 30-31.
- 69 **Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L.** Spatial resolution of the detectors based on Gas Electron Multipliers [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 31.
- 70 **Achasov M., Muchnoi N.** C.M.S. Energy Calibration in BES-III and VEPP-2000 experiments [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 37.
- 71 **Ivanova A., Kravchenko E., Monkhoev R.** Design features and Data Acquisition System of the TAIGAMuon scintillation array [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 43.
- 72 **Ivanova A., Kravchenko E., Monkhoev R.** Testing the first cluster of the TAIGA-Muon array [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 43-44.
- 73 **Gorkovenko A.** The CMD-3 Detector's Final Decision Block [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 45.
- 74 **Pyata E., Pivovarov S., Schmitt L., Kholopov M., Luehning J., Tikhonov Y.** Superconducting solenoid for PANDA detector [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 46.
- 75 **Podgornov N., Kuyanov I., Barnyakov A., Barnyakov M., Kononov S., Zezyulin I., Bykov A., Kravchenko E., Katcin A.** FARICH detector beam test results [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 51.
- 76 **Shekhtman L.** Development of the micro-resistive WELL discs for the CMD-3 tracking system [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 55.
- 77 **Epshteyn L., Yudin Yu., Mikhailov K.** Processing of the Liquid Xenon Calorimeter's signals for timing measurements [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 55-56.
- 78 **Pugachev K., Korol A., Kardapoltsev L.** DQM tools and techniques of the SND detector [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 59.
- 79 **Kudryavtsev V., Shekhtman L., Bobrovnikov V., Maltsev T.** The high-resolution particle tracking triple-GEM detector for the test beam facility at VEPP-4M collider [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 62-63.
- 80 **Kudryavtsev V., Shekhtman L., Kaminskiy V., Nikolaev I., Muchnoi N., Nikitin S., Blinov V.** The GEM-based detector for tracking the Compton-scattered photons in the Laser Polarimeter facility at VEPP-4M collider [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 63-64.
- 81 **Nikolaev I.** Status of Laser Polarimeter at VEPP-4M [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 68.
- 82 **Vaidyanathan A., Kravchenko E.** Measurement of amplitude distribution in Taiga-Muon Scintillator using cosmic particles [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 70.
- 83 **Barnyakov A., Ovtin I., Chizhik G.** Investigation of Cherenkov radiation component in LYSO(Ce) crystals [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 71-72.
- 84 **Matvienko D.** Scintillation properties of zinc tungstate crystals [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 79.
- 85 **Lemzyakov A.** Experimental setup for metallization of fiber and wire [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 82.
- 86 **Basok I.** Mechanical stability of wire structure of the KEDR new drift chamber [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 83.
- 87 **Prisekin V.** Study of cathode aging and field emission in drift chambers [Электронный ресурс] // Instrumentation for Colliding Beam Physics : INSTR-20 : 13th International Conference, 24-28 February 2020, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 84.
- 88 **Nagoshi H., Kuribayashi M., Kuriki M., Martyshkin P.V., Omori T., Takahashi T., Yamakata M., Yokoya K.** A design of an electron driven positron source for the international linear collider // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. **953**. - Art.nr 163134. -9 p. - Bibliogr.: 20 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2019.163134.
- 89 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Combined search for supersymmetry with photons in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // Physics Letters B. - 2020. - Vol. **801**. - Art.nr 135183. -27 p. - Bibliogr.: 54 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2019.135183.
- 90 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V.** Measurement of $\Xi^{++} c$ production in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // Chinese Physics C. - 2020. - Vol. **44**, Is. **2**. - Art.nr 022001. -11 p. - Bibliogr.: 49 ref. - DOI 10.1088/1674-1137/44/2/022001.
- 91 **Abudinen F., Collab. Belle, Eidelman S., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Remnev M., Shwartz B., Vinokurova A., Zhilich V., Zhulanov V.** Measurement of the integrated luminosity of the Phase 2 data of the Belle II experiment // Chinese Physics C. - 2020. - Vol. **44**, Is. **2**. - Art.nr 021001. -12 p. - Bibliogr.: 31 ref. - DOI 10.1088/1674-1137/44/2/021001.
- 92 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B.** Measurement of Proton Electromagnetic Form Factors in $e^+e^- \rightarrow p^+p^-$ in the Energy Region 2.00-3.08 GeV // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. **124**, Is. **4**. - Art.nr 042001. -9 p. - Bibliogr.: 26 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.042001.
- 93 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B.** Measurement of the Cross Section for $e^+e^- \rightarrow \Xi^{*-}\Xi^+$ and Observation of an Excited Ξ Baryon // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. **124**, Is. **3**. - Art.nr 032002. -8 p. - Bibliogr.: 41 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.032002.
- 94 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Multiparticle correlation studies in pPb collisions $\sqrt{s_{NN}}=8.16$ TeV // Physical Review C. - 2020. - Vol. **101**, Is. **1**. - Art.nr 014912. -17 p. - Bibliogr.: 92 ref. - DOI 10.1103/PhysRevC.101.014912.

- 95 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Observation of Several Sources of CP Violation in $B^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \pi^+$ Decays // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, Is. 3. - Art.nr 031801. - 11 p. - Bibliogr.: 48 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.031801.**
- 96 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Search for light pseudoscalar boson pairs produced from decays of the 125 GeV Higgs boson in final states with two muons and two nearby tracks in pp collisions at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$ // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 800. - Art.nr 135087. - 27 p. - Bibliogr.: 68 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2019.135087.**
- 97 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Measurement of the single top quark and antiquark production cross sections in the t channel and their ratio in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$ // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 800. - Art.nr 135042. - 30 p. - Bibliogr.: 71 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2019.135042.**
- 98 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Observation of nuclear modifications in $W^{+/-}$ boson production in pPb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=8.16\text{TeV}$ // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 800. - Art.nr 135048. - 24 p. - Bibliogr.: 71 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2019.135048.**
- 99 **Kim H.W., Vinokurov N.A., Baek I.H., Oang K.Y., Kim M.H., Kim Y.C., Jang K.H., Lee K., Park S.H., Park S., Shin J., Kim J., Rotermund F., Cho S., Feuer T., Jeong Y.U. Towards jitter-free ultrafast electron diffraction technology // Nature Photonics. - 2020. - Vol. 14, Is. 4. - P. 245-249. - Bibliogr.: 32 ref. - DOI 10.1038/s41566-019-0566-4.**
- 100 **Blokhina K.A., Devyataykina T.A., Medvedev A.M., Semenov Yu.I., Sizov M.M., Starostenko A.A., Tsyganov A.S. Beam diagnostics on the electron beam welding installation at Budker Institute of Nuclear Physics // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2020. - Vol. 759: 3rd International Biannual Conference «Electron Beam Welding and Related Technologies (EBW2019)», Moscow, 12-15 November 2019. - Art.nr 012005. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1088/1757-899X/759/1/012005.**
- 101 **Аульченко В.М., Жуланов В.В., Шехтман Л.И. Разработка специализированной интегральной схемы для регистрации сигналов в экспериментах по изучению быстропротекающих процессов // Автометрия. - 2020. - Т. 56, № 1. - С. 100-108. - Библиогр.: 16 назв. - DOI 10.15372/AUT20200111.**
- 102 **Емелев И.С., Иванов А.А. Исследование конверсионной плазменной мишени с мультиполюсным магнитным полем // Физика плазмы. - 2020. - Т. 46, № 1. - С. 3-11. - Библиогр.: 19 назв. - DOI 10.31857/S0367292120010060.**
- 103 **Фадин В.С. Вклады высших порядков в амплитуды КХД в Реджевской кинематике (миниобзор) // Письма в "Журнал экспериментальной и теоретической физики". - 2020. - Т. 111, № 1/2. - С. 3-9. - Библиогр.: 24 назв. - DOI 10.31857/S0370274X20010014.**
- 104 **Соловьева Ю.В., Старенченко С.В., Старенченко В.А., Анчаров А.И. Разрушение дальнего порядка и формирование аморфной фазы в полосе суперлокализации монокристаллов Ni_3Ge // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. - 2020. - № 2. - С. 43-48. - Библиогр.: 12 назв. - DOI 10.31857/S1028096020020156.**
- 105 **Березкин В.В., Бедин С.А., Васильев А.Б., Григорьев Ю.В., Назьмов В.П. Формирование микроструктур йодноватой кислоты в пористых системах на основе полиэтилентерефталата // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. - 2020. - № 2. - С. 39-42. - Библиогр.: 10 назв. - DOI 10.31857/S1028096020020041.**
- 106 **Баранов Г.Н., Борин В.М., Журавлев А.Н., Золотарев К.В., Карнаев С.Е., Купер К.Э., Левичев Е.Б., Мешков О.И., Мишнев С.И., Николаев И.Б., Николенко А.Д., Пиминов П.А. Эксперименты с синхротронным излучением на ВЭПП-4М // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. - 2020. - № 2. - С. 34-38. - Библиогр.: 18 назв. - DOI 10.31857/S102809602002003X.**
- 107 **Андреев С.В., Воробьев Н.С., Дорохов В.Л., Заровский А.И., Комельков А.С., Куркин Г.Я., Мешков О.И., Смирнов А.В. Пикосекундный электронно-оптический диссектор со скрещенной разверткой // Приборы и техника эксперимента. - 2020. - № 1. - С. 96-100. - Библиогр.: 6 назв. - DOI 10.31857/S0032816220010012.**
- 108 **Карпов Г.В., Бехтенов Е.А., Журавлев А.Н., Пиминов П.А. Новая система измерения положения пучка в канале транспортировки электронов и позитронов из накопителя ВЭПП-3 в коллайдер ВЭПП-4М // Приборы и техника эксперимента. - 2020. - № 1. - С. 18-23. - Библиогр.: 5 назв. - DOI 10.31857/S0032816219060211.**
- 109 **Безуглов В.В., Брызгин А.А., Власов А.Ю., Воронин Л.А., Коробейников М.В., Максимов С.А., Мелехова Р.В., Нехаев В.Е., Пак А.В., Ращенко В.М., Сидоров А.В., Ткаченко В.О., Факторович Б.Л., Шарклев Е.А. Поворот немонохроматичных электронных пучков магнитными зеркалами // Приборы и техника эксперимента. - 2020. - № 2. - С. 95-101. - Библиогр.: 6 назв. - DOI 10.31857/S003281622001019X.**
- 110 **Батраков А.М., Васильев М.Ю., Котов Е.С., Штро К.С. Прецизионный делитель высоковольтных импульсных сигналов // Приборы и техника эксперимента. - 2020. - № 2. - С. 58-69. - Библиогр.: 22 назв. - DOI 10.31857/S0032816220020093.**
- 111 **Гришина К.А., Андрианов А.В., Арсентьева М.В., Барняков А.М., Левичев А.Е., Пивоваров И.Л., Самойлов С.Л. Анализ регулярных ускоряющих структур линейного ускорителя инжектора Сибирского Кольцевого Источника Фотонов // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 1. - С. 49-62. - Библиогр.: 8 назв.**
- 112 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Search for the rare decay $\eta' \rightarrow \pi^0 \pi^0 \pi^0$ at BESIII // Physical Review D. - 2020. - Vol. 101, Is. 3. - Art.nr 032001. - 8 p. - Bibliogr.: 27 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.032001.**
- 113 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Search for Magnetic Monopoles and Stable High-Electric-Charge Objects in 13 TeV Proton-Proton Collisions with the ATLAS Detector // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, Is. 3. - Art.nr 031802. - 20 p. - Bibliogr.: 59 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.031802.**
- 114 **Marusin V.V., Kuper K.E. Complex tunnel systems of early Fortunian macroscopic endobenthos in the Ediacaran-Cambrian transitional strata of the Olenek uplift (NE Siberian Platform) // Precambrian Research. - 2020. - Vol. 340. - Art.nr 105627. - Bibliogr.: 68 ref. - DOI 10.1016/j.precamres.2020.105627.**
- 115 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Exploration of jet substructure using iterative declustering in pp and Pb-Pb collisions at LHC energies // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 802. - Art.nr 135227. - Bibliogr.: 55 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135227.**
- 116 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Z boson production in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=5.02\text{TeV}$ measured by the ATLAS experiment // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 802. - Art.nr 135262. - Bibliogr.: 65 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135262.**
- 117 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Studies of J/ψ production at forward rapidity in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02\text{TeV}$ // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 2. - Art.nr 41. - Bibliogr.: 75 ref. - DOI 10.1007/JHEP02(2020)041.**
- 118 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Search for top squark pair production in a final state with two tau leptons in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13\text{TeV}$ // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 2. - Art.nr 15. - Bibliogr.: 83 ref. - DOI 10.1007/JHEP02(2020)015.**
- 119 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Measurement of differential cross sections for single diffractive dissociation in $\sqrt{s} = 8\text{TeV}$ pp collisions using the ATLAS ALFA spectrometer // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 2. - Art.nr 42. - Bibliogr.: 45 ref. - DOI 10.1007/JHEP02(2020)042.**
- 120 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Search for $A^+ \rightarrow \mu^+ \mu^+$ // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, Is. 4. - Art.nr 041801. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.041801.**

- 121 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Search for electroweak production of a vector-like T quark using fully hadronic final states // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 1. - Art.nr 36. - Bibliogr.: 71 ref. - DOI 10.1007/JHEP01(2020)036.**
- 122 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Transverse momentum and process dependent azimuthal anisotropies in AadAad $\sqrt{s_{NN}}=8.16$ TeV p+Pb collisions with the ATLAS detector // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 1. - Art.nr 73. - Bibliogr.: 64 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-7624-4.**
- 123 **Nikitin P.A., Gerasimov V.V., Voloshinov V.B. Acousto-optic Modulation of Terahertz Radiation in Liquefied Sulfur Hexafluoride at Room Temperature // Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves. - 2020. - Vol. 41, Is. 3. - P. 299-306. - Bibliogr.: 17 ref. - DOI 10.1007/s10762-019-00660-7.**
- 124 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Search for baryon and lepton number violating decays $D^+ \rightarrow \Lambda(\Sigma^0)e^+$ and $D^+ \rightarrow \Lambda(\Sigma^+)e^+$ // Physical Review D. - 2020. - Vol. 101, Is. 3. - Art.nr 031102. -8 p. - Bibliogr.: 27 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.031102.**
- 125 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Measurement of the azimuthal anisotropy of charged-particle production in Xe plus Xe collisions at $\sqrt{s_{NN}}=5.44$ TeV with the ATLAS detector // Physical Review C. - 2020. - Vol. 101, Is. 2. - Art.nr 024906. -35 p. - Bibliogr.: 63 ref. - DOI 10.1103/PhysRevC.101.024906.**
- 126 **Gschwendtner E., Collab. AWAKE, Gorn A.A., Lotov K.V., Minakov V. A., Sosedkin A. P., Tuv P.V. Proton-driven plasma wakefield acceleration in AWAKE (vol 377, 20180418,2019) // Philosophical Transactions of the Royal Society A - Mathematical Physical. - 2020. - Vol. 378, Is. 2164. - Art.nr 20190539. -2 p. - DOI 10.1098/rsta.2019.0539.**
- 127 **Nikitin A.K., Gerasimov V.V., Lemzyakov A.G., Knyazev B.A., Azarov I.A. Over-the-Horizon Terahertz Surface Plasmon Locator // Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves. - 2020. - Vol. 41, Is. 2. - P. 194-201. - Bibliogr.: 21 ref. - DOI 10.1007/s10762-019-00649-2.**
- 128 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Search for production of four top quarks in final states with svame-signor multiple leptons in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 2. - Art.nr 75. -31 p. - Bibliogr.: 77 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-019-7593-7.**
- 129 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Searches for physics beyond the standard model with the MT2 variable inhadronic final states with and without disappearing tracks in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 1. - Art.nr 3. -62 p. - Bibliogr.: 151 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-019-7493-x.**
- 130 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Extraction and validation of a new set of CMS pythia8 tunes fromunderlying-event measurements // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 1. - Art.nr 4. -47 p. - Bibliogr.: 72 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-019-7499-4.**
- 131 **Krylova T.A., Chumakov Y.A., Domarov E.V., Korchagin A.I. Fractographic Study of Destruction of Composite Coatings After Bending Tests // Russian Physics Journal. - 2020. - Vol. 62, Is. 9. - P. 1552-1557. - Bibliogr.: 13 ref. - DOI 10.1007/s11182-020-01875-1.**
- 132 **Kotelnikov I.A., Ivanov A.A., Yakovlev D.V., Chen Z., Zeng Q. Divertor for a steady-state gas-dynamic trap // Nuclear Fusion. - 2020. - Vol. 60, Is. 1. - Art.nr 016008. -14 p. - Bibliogr.: 48 ref. - DOI 10.1088/1741-4326/ab4865.**
- 133 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Precision measurement of the Ξ_{cc}^{++} mass // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 2. - Art.nr 49. - Bibliogr.: 54 ref. - DOI 10.1007/JHEP02(2020)049.**
- 134 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Measurement of electrons from heavy-flavour hadron decays as a function of multiplicity in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 2. - Art.nr 77. - Bibliogr.: 83 ref. - DOI 10.1007/JHEP02(2020)077.**
- 135 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Search for electroweak production of charginos and sleptons decaying into final states with two leptons and missing transverse momentum in $\sqrt{s}=13$ TeV pp collisions using the ATLAS detector // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 2. - Art.nr 123. - Bibliogr.: 108 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-019-7594-6.**
- 136 **Бару С.Е., Кравченко В.Е., Леонов В.В., Папушев П.А., Поросев В.В. Определение эффективной дозы на системах рентгеновского досмотра на основе измерения кермы в воздухе или AMBIENTного эквивалента дозы // АНРИ. - 2020. - № 1. - С. 16-24. - Библиогр.: 15 назв. - DOI 10.37414/2075-1338-2020-100-1-16-24.**
- 137 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Evidence for electroweak production of two jets in association with a Z γ pair in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 803. - Art.nr 135341. - Bibliogr.: 80 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135341.**
- 138 **Shutilov R.A., Kuznetsov V.L., Moseenkov S.I., Karagedov G.R., Krasnov A.A., Logachev P.V. Vacuum-tight ceramic composite materials based on alumina modified with multi-walled carbon nanotubes // Materials Science and Engineering: B. - 2020. - Vol. 254. - Art.nr 114508. - Bibliogr.: 63 ref. - DOI 10.1016/j.mseb.2020.114508.**
- 139 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of $\psi(2S)$ production cross-sections in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=7$ and 13TeV // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 3. - Art.nr 185. - Bibliogr.: 58 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-7638-y.**
- 140 **Eidelman S.I., Kardapoltsev L.V., Matvienko D.V. A study of the corrections to factorization in $B^- \rightarrow D^{*+} \omega \pi^-$ // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 2. - Art.nr 168. - Bibliogr.: 20 ref. - DOI 10.1007/JHEP02(2020)168.**
- 141 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Measurement of $\Lambda(1520)$ production in pp collisions at $\sqrt{s}=7$ TeV and p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=5.02$ TeV // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 2. - Art.nr 160. - Bibliogr.: 72 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-7687-2.**
- 142 **Grishina K.A., Andrianov A.V., Arsenyeva M.V., Barnyakov A.M., Levichev A.E., Pivovarov I.L., Samoylov S.L. Analysis of Regular Accelerating Structures of a Linear Accelerator for the Injector of Siberian Photon Ring Source // Physics of Particles and Nuclei Letters. - 2020. - Vol. 17, Is. 1. - P. 65-72. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1134/S1547477120010082.**
- 143 **Мильштейн А.И., Николаев Н.Н., Сальников С.Г. Нарушение четности в протон-протонном рассеянии при высоких энергиях // Письма в "Журнал экспериментальной и теоретической физики". - 2020. - Т. 111, № 3/4. - С. 215-218. - Библиогр.: 31 назв. - DOI 10.31857/S0370274X20040013.**
- 144 **Дейчули П.П., Иванов А.А., Ступишин Н.В., Сорокин А.В., Бруль А.В., Колмогоров В.В., Вахрушев Р.В., Абдрашитов А.Г., Амиров В.Х., Белов В.П., Горбовский А.И., Драничников А.Н., Орешонок В.В., Шиховцев И.В., Шубин Е.И. Проект и первые результаты по запуску мощного атомарного инжектора 80 кэВ 1 МВт, 1 сек для нагрева плазмы в токамаке // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr MC2-15. - С. 98. - Библиогр.: 3 назв.**
- 145 **Иванов А.А., Абдрашитов Г.Ф., Бельченко Ю.И., Белавский А.В., Горбовский А.И., Дейчули П.П., Драничников А.Н., Емелев И.С., Капитонов В.А., Колмогоров В.В., Кондаков А.А., Санин А.Л., Сотников О.З., Шиховцев И.В. Инжектор нейтрального пучка большой энергии для установок УТС: статус и перспективы // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике**

- плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr O-04. - С. 37.
- 146 **Данилов В.В., Сковородин Д.И., Попов С.С., Бурдаков А.В., Трунев Ю.А., Куркучев В.В., Аникеев М.А., Атлуханов М.Г., Колесников П.А., Политов В.Ю. Двухцветный интерферометр для исследования плотной слабоионизованной мишенной плазмы // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr ПС1-33. - Библиогр.: 2 назв.**
- 147 **Аржанников А.В., Анненков В.В., Волчок Е.П., Иванов И.А., Калинин П.В., Касатов А.А., Кузнецов С.А., Куклин К.Н., Макаров М.А., Меклер К.И., Попов С.С., Ровенских А.Ф., Самцов Д.А., Сандалов Е.С., Сеницкий С.Л., Степанов В.Д., Тимофеев И.В. Влияние градиентов плотности плазмы на генерацию потока тетагерцового излучения в замагниченном плазменном столбе при релаксации в нём килоамперного РЭП (ГОЛ-ПЭТ эксперименты, теоретическое рассмотрение) // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr ТУ2-06. - С. 202. - Библиогр.: 4 назв.**
- 148 **Аржанников А.В., Иванов И.А., Калинин П.В., Касатов А.А., Макаров М.А., Меклер К.И., Ровенских А.Ф., Самцов Д.А., Сандалов Е.С., Сеницкий С.Л. Создание плазменного столба с различными градиентами плотности для генерации ТГц излучения в пучково-плазменном взаимодействии // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr ТУ2-05. - С. 201. - Библиогр.: 4 назв.**
- 149 **Степанов В.Д., Аржанников А.В., Макаров М.А., Самцов Д.А., Сеницкий С.Л. Угловая расходимость электронов ленточного РЭП в магнитно-изолированном диоде (компьютерное моделирование, измерение) // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr TC1-12. - С. 214. - Библиогр.: 4 назв.**
- 150 **Шаманин И.В., Аржанников А.В., Беденко С.В., Шамаков В.М., Модестов Д.Г., Серова Е.В., Приходько В.В., Полозков С.Д. Нейтронное поле в активной зоне ядерного реактора деления с внутренним импульсно-периодическим источником нейтронов реакций синтеза // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr КУ-01. - С. 264. - Библиогр.: 1 назв.**
- 151 **Приходько В.В., Аржанников А.В. Моделирование источника термоядерных нейтронов на основе аксиально-симметричной ловушки открытого типа для ториевого гибридного реактора // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr КУ-02. - С. 265. - Библиогр.: 3 назв.**
- 152 **Черепанов Д.Е., Аракчеев А.С., Бурдаков А.В., Кандауров И.В., Касатов А.А., Лазарева Г.Г., Максимова А.Г., Попов В.А., Руктуев А.А., Шошин А.А., Васильев А.А., Вячеславов Л.Н. Бесконтактный метод исследования остаточных напряжений в вольфрамовой пластине, возникающих в результате быстрых тепловых нагрузок на ее поверхность // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr ЭС-06. - С. 233. - Библиогр.: 1 назв.**
- 153 **Вайгель Л.А., Аракчеев А.С., Бурдаков А.В., Вячеславов Л.Н., Евдокимов О.В., Жуланов В.В., Казанцев С.Р., Косов А.В., Толочко Б.П., Шарфутдинов М.Р., Шехтман Л.И. Измерение динамики дифракции синхротронного излучения на монокристалле вольфрама при импульсном нагреве лазерным излучением // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr ЭС-18. - С. 245. - Библиогр.: 3 назв.**
- 154 **Багрянский П. А. Научный задел и планы развития исследований в области магнитных ловушек с линейной конфигурацией в ИЯФ СО РАН // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr O-09. - С. 41. - Библиогр.: 3 назв.**
- 155 **Багрянский П.А., Зубарев П.В., Мейстер А.К., Савкин В.Я., Солдаткина Е.И., Хильченко А.Д., Хильченко В.А. Система измерения потоков частиц и энергии на установке ГДЛ // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr MC2-13. - С. 96. - Библиогр.: 5 назв.**
- 156 **Беклемишев А.Д., Константинов С.Е. Развитие неустойчивостей желобкового типа в газодинамической ловушке // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr МУ2-01. - С. 59.**
- 157 **Судников А.В., Бурдаков А.В., Беклемишев А.Д., Иванов И.А., Ломов К.А., Инжеваткина А.А., Поступаев В.В., Складаров В.Ф., Устюжанин В.О. Основные эмпирические зависимости эффективности винтового удержания в винтовой магнитной ловушке СМОЛА // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr МУ2-03. - С. 61. - Библиогр.: 5 назв.**
- 158 **Христо М.С., Беклемишев А.Д. Влияние эффектов конечного ларморовского радиуса на равновесие плазмы высокого давления в режиме диамагнитного удержания в осесимметричной открытой ловушке // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr MC2-14. - С. 97. - Библиогр.: 4 назв.**
- 159 **Беклемишев А.Д., Федоренков Э.А. Моделирование кинетики нейтрального газа в расширителе газодинамической ловушки // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr КУ-04. - С. 267.**
- 160 **Ломов К.А., Судников А.В., Бурдаков А.В., Поступаев В.В., Иванов И.А. Локальные измерения в винтовой магнитной ловушке СМОЛА // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr MC1-06. - С. 69. - Библиогр.: 3 назв.**
- 161 **Бурдаков А.В., Иванов И.А., Инжеваткина А.А., Поступаев В.В., Ровенских А.Ф., Складаров В.Ф., Судников А.В. Интерферометрическая диагностика плотности плазмы на установке «СМОЛА» // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr MC2-16. - С. 99.**
- 162 **Суляев Ю.С., Бурдаков А.В., Иванцовский М.В., Александров Е.В., Пищинский К.В., Землянский Ю.Н., Норишев Е.А., Шошин А.А., Иванова А.Н., Гавриленко Д.Е., Смирнов А.Б., Пожилов А.А., Кириенко И.Д., Модестов В.С. Прогресс в подготовке к производству конструкции экваториального порта №11 ИТЭР // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr ЭУ-04. - С. 226.**
- 163 **Таскаев А.С., Иванцовский М.В., Бурдаков А.В., Горбовский А.И., Зайцев Е.К., Звонков А.В., Селезнев П.А., Шошин А.А., Хомяков Е.С., Землянский Ю.Н., Немцев Г.Е., Хафизов Р.Р., Смирнов А.Б., Пожилов А.А., Кириенко И.Д., Модестов В.С. Развитие интеграции Вертикальной Нейтронной Камеры // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr ЭС-16. - С. 243.**
- 164 **Гавриленко Д.Е., Бурдаков А.В., Иванцовский М.В., Землянский Ю.Н., Рувинский Е.С., Стешов А.Г., Шиянков С.В., Суляев Ю.С. Создание и испытания системы водяного охлаждения диагностических защитных модулей экваториального порта №11 // XLVII**

- Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr ЭС-21. - С. 248.
- 165 **Шошин А.А., Бурдаков А.В., Иванцовский М.В., Полосаткин С.В., Клименко М.В., Семенов А.М., Таскаев С.Ю. Квалификация керамики для защиты порт-плагов ИТЭР // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr ЭС-22. - С. 249.**
- 166 **Александров Е.В., Бурдаков А.В., Буслаков И.В., Высоких Ю.Г., Горбовский А.И., Зайцев Е.К., Иванцовский М.В., Кириенко И.Д., Листопад А.А., Лобачев А.М., Логинов И.Н., Манаенкова Ю.А., Модестов В.С., Портнов Д.В., Родионов Р.Н., Селезнев П.А., Шагниев О.Б., Шиянков С.В., Шошин А.А. Предварительный проект интеграции ВП№02 и ВП№08 ИТЭР // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr ЭС-25. - С. 252.**
- 167 **Шулятьев К.Д., Соломахин А.Л., Гринемайер К.А., Минаев В.Б., Щеголев П.Б., Гусев В.К., Коваленко Ю.В., Петров Ю.В., Савкин В.Я., Сахаров Н.В. Первые результаты работы дисперсионного интерферометра по контролю плотности плазмы на токамаке ГЛО-БУС-М2 // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr МС1-09. - С. 72. - Библиогр.: 4 назв.**
- 168 **Соломахин А.Л., Викторов М.Е., Господчиков Е.Д., Зайцев А.С., Лубяко Л.В., Шалашов А.Г., Яковлев Д.В. Коллективное томосоновское рассеяние на ГДП // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr МС1-07. - С. 70. - Библиогр.: 2 назв.**
- 169 **Дудникова Г.И., Вшивков В.А., Черноштанов И.С. Численное моделирование режима диамагнитного удержания методом частиц-в-ячейках // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr МС1-08. - С. 71. - Библиогр.: 3 назв.**
- 170 **Устожанин В.О., Иванов И.А., Судников А.В., Инжеваткина А.А. Длинно-импульсный источник плазмы для открытой ловушки с геликоидальным полем СМОЛА // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr ПС1-10. - С. 164. - Библиогр.: 3 назв.**
- 171 **Асмедьянов Н.Р., Колесников Е.Ю. Модернизированный источник плазменной струи с большим давлением для поддержания материального баланса мишенной плазмы в ГДП // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr МС2-12. - С. 95. - Библиогр.: 4 назв.**
- 172 **Приходько В.В., Котельников И.А., Черноштанов И.С. Оптимизация параметров нейтронного источника на основе открытой ловушки, ограниченных развитием DCLC неустойчивости // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr КУ-03. - С. 266. - Библиогр.: 3 назв.**
- 173 **Черноштанов И.С. Бесстолкновительная динамика частиц в диамагнитной ловушке // XLVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (ICPAF-2020), Звенигород, 16-20 марта 2020 г. : сборник тезисов докладов. - М. : ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2020. - Art.nr МУ2-02. - С. 60. - Библиогр.: 3 назв.**
- 174 **Lazurenko D.V., Laptev I.S., Golkovsky M.G., Stark A., Paul J., Bataev I., Ruktuev A.A., Song L., Gollwitzer C., Pyczak F. Influence of the Ti/Al/Nb ratio on the structure and properties on intermetallic layers obtained on titanium by non-vacuum electron beam cladding // Materials Characterization. - 2020. - Vol. 163. - Art.nr 110246. - Bibliogr.: 64 ref. - DOI 10.1016/j.matchar.2020.110246.**
- 175 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of the $\eta_c(1S)$ production cross-section in p p collisions at $\sqrt{s}=13\text{ TeV}$ // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 3. - Art.nr 191. - Bibliogr.: 57 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-7733-0.**
- 176 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Measurement of Azimuthal Anisotropy of Muons from Charm and Bottom Hadrons in pp Collisions at $\sqrt{s}=13\text{ TeV}$ with the ATLAS Detector // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, Is. 8. - Art.nr 082301. - Bibliogr.: 33 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.082301.**
- 177 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. First Observation of Excited Ω_b States // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, Is. 8. - Art.nr 082002. - Bibliogr.: 80 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.082002.**
- 178 **Lees J. P., Collab. BABAR, Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kozyrev E.A., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serebnyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Todyshov K.Yu. Search for Rare or Forbidden Decays of the D^0 Meson // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, Is. 7. - Art.nr 071802. - Bibliogr.: 43 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.071802.**
- 179 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapol'tsev L., Skovpen Y. Measurement of the top quark pair production cross section in dilepton final states containing one τ lepton in pp collisions at $\sqrt{s}=13\text{ TeV}$ // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 2. - Art.nr 191. - Bibliogr.: 69 ref. - DOI 10.1007/JHEP02(2020)191.**
- 180 **Emelev I.S., Ivanov A.A. Study of a Conversion Plasma Target with a Multipole Magnetic Field // Plasma Physics Reports. - 2020. - Vol. 46, Is. 1. - P. 1-9. - Bibliogr.: 19 ref. - DOI 10.1134/S1063780X20010067.**
- 181 **Ломов К.А. Локальные магнитные измерения в винтовой магнитной ловушке СМОЛА [Электронный ресурс] // ВНКФС – 26: Двадцать шесть Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых учёных, Уфа, Магнитогорск, 27 марта - 3 апреля 2020 г. : тезисы. - Уфа : ООО «Альтаир», 2020. - С. 147-148. - Библиогр.: 4 назв.**
- 182 **Глушак А.А. Проект цифровой обработки сигналов электромагнитного калориметра Супер С-т фабрики [Электронный ресурс] // ВНКФС – 26: Двадцать шесть Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых учёных, Уфа, Магнитогорск, 27 марта - 3 апреля 2020 г. : тезисы. - Уфа : ООО «Альтаир», 2020. - С. 377-378. - Библиогр.: 2 назв.**
- 183 **Каргаполов И.Ю. Определение оптимального метода фильтрации шума при моделировании плазменного кильватерного ускорения [Электронный ресурс] // ВНКФС – 26: Двадцать шесть Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых учёных, Уфа, Магнитогорск, 27 марта - 3 апреля 2020 г. : тезисы. - Уфа : ООО «Альтаир», 2020. - С. 382-383. - Библиогр.: 2 назв.**
- 184 **Черноусов Ю.Д., Шеболаев И.В., Икрянов И.М., Болотов В.А., Танашев Ю.Ю., Медведев Л.Э., Воскобойников Р.В. Полоса синхронизации магнетрона // Письма в "Журнал технической физики". - 2020. - Т. 46, № 1. - С. 36-38. - Библиогр.: 9 назв. - DOI 10.21883/PJTF.2020.01.48862.18051.**
- 185 **Шевченко В.Г., Красильников В.Н., Еселевич Д.А., Конюкова А.В., Винокуров З.С., Анчаров А.И., Толочко Б.П. Влияние количества модификатора Fe_2O_3 на интенсивность окисления микроразмерного порошка АСД-4 // Физика горения и взрыва. - 2020. - Т. 56, № 2. - С. 37-44. - Библиогр.: 22 назв. - DOI 10.15372/FGV20200206.**
- 186 **Абдрахманов С.И. Оптическая диагностика пучка отрицательных ионов водорода для БНЗТ // Физика сплошных сред : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНКС-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 35.**

- 187 **Аюпов Д.А.** Оценка количества запертых частиц в винтовой ловушке методами гамильтоновой динамики в одночастичном приближении // Физика сплошных сред : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 36. - Библиогр.: 2 назв.
- 188 **Воинцев В.А.** Оптимизация ВЧ плазменного эмиттера // Физика сплошных сред : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 37. - Библиогр.: 3 назв.
- 189 **Глинский В.В.** Электромагнитная эмиссия из пучково-плазменной системы с высоким градиентом плотности // Физика сплошных сред : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 39. - Библиогр.: 1 назв.
- 190 **Давыдов Н.В.** Измерение тока термоэлектронной эмиссии с поверхности вольфрама при импульсном лазерном нагреве // Физика сплошных сред : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 40.
- 191 **Ларичкин М.В.** Электростатический зонд для измерения профиля плотности плазмы в транспортной секции установки СМОЛА // Физика сплошных сред : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 43. - Библиогр.: 2 назв.
- 192 **Ломов К.А.** Локальные магнитные измерения в винтовой магнитной ловушке СМОЛА // Физика сплошных сред : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 44. - Библиогр.: 3 назв.
- 193 **Мейстер А.К.** Исследование продольной теплопроводности плазмы в газодинамической ловушке // Физика сплошных сред : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 45.
- 194 **Худяков В.К.** Динамика ионов при долговременной эволюции сильно нелинейной кильватерной волны в радиально-ограниченной плазме // Физика сплошных сред : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 51. - Библиогр.: 2 назв.
- 195 **Шишкин Е.А.** Изучение формирования и транспортировки слабочного стационарного пучка для калибровки систем диагностики плазмы // Физика сплошных сред : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 52.
- 196 **Шмигельский Е.А.** Исследование удержания быстрых ионов в укороченной магнитной конфигурации на установке ГДЛ // Физика сплошных сред : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 53. - Библиогр.: 1 назв.
- 197 **Бродников А.Ф., Вихарева Н.А.** Установка для измерений вольт-амперных характеристик сверхпроводников // Компетентность. - 2020. - № 4. - С. 16-17. - Библиогр.: 4 назв. - DOI 10.24411/1993-8780-2020-10403.
- 198 **Шило А.С.** Определение дозы гамма-излучения для доклинических исследований БНЗТ // Физические методы в естественных науках и материаловедении : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 26.
- 199 **Требушин А.Е., Веремчук М.Э.** Проект сверхпроводящего ондулятора с уширенными гармониками // Физические методы в естественных науках и материаловедении : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 69. - Библиогр.: 3 назв.
- 200 **Венедиктова И.А.** Рентгеновские преломляющие линейные скрещенные и параболические линзы, изготовленные фото- и рентгенолитографией // Физические методы в естественных науках и материаловедении : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 34. - Библиогр.: 2 назв.
- 201 **Севостьянов Г.Ю.** Создание и тестирование детектора рентгеновского микроскопического изображения // Физические методы в естественных науках и материаловедении : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 62. - Библиогр.: 1 назв.
- 202 **Байструков М.А.** Условие срыва самомодуляции протонного пучка в плазме // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 5.
- 203 **Гришина К.А.** Разработка структуры преускорителя-группирователя для нерелятивистского пучка // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 7.
- 204 **Дронова Е.В.** Разработка стенда промышленного ускорителя с магнетроном в качестве источника питания // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 8.
- 205 **Задов А.Ю.** Моделирование и измерение поперечного акцептанса однопорожечного ускорителя-рекуператора Новосибирского ЛСЭ // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 9.
- 206 **Кладов С.А.** Исследование нелинейных эффектов вблизи главного резонанса связи в коллайдере ВЭПП-2000 // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 11.
- 207 **Купуржанов А.В.** Исследование возможности проведения экспериментов на встречных поляризованных ионных пучках в проекте NICA // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 13.
- 208 **Лялин М.А.** Анализ орбитальных откликов для поиска нелинейных эффектов // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 14. - Библиогр.: 3 назв.
- 209 **Требушин А.Е., Веремчук М.Э.** Метод формирования линейной поляризации с меняющейся плоскостью поляризации в лазерах на свободных электронах // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 16. - Библиогр.: 3 назв.
- 210 **Белозерова М.С.** Разработка пакета программного обеспечения для параметрического моделирования детектора Супер с-т фабрики // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 19.
- 211 **Глушак А.А.** Алгоритм вычисления основных характеристик сигналов электромагнитного калориметра Супер с-т фабрики // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 21.
- 212 **Зубакин А.С.** Классификация коллинеарных событий методами машинного обучения // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 24.
- 213 **Кладов В.А.** Калибровка неоднородностей аэрогелевого черенковского счетчика СНД // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 26.

- 214 **Майборода В.А.** Пакет программ для отбора событий в эксперименте на Супер С-Тау фабрике // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 29.
- 215 **Чижик Г.С., Кладов В.А.** Исследование черенковской компоненты излучения в кристаллах $\text{LYSO}(\text{Ce})$ // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 36.
- 216 **Щегольков Н.С.** Разработка стека программного обеспечения для многопоточной работы устройств на шине VME64 BINP // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 37.
- 217 **Андреев А.А.** Электроника стенда по исследованию скитилляционных кристаллов // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 18.
- 218 **Каня К.О.** Разработка ПО для онлайн-монитора светимости детектора Belle II // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 25.
- 219 **Баталов Е.А.** Разработка и измерение характеристик детектора на основе структуры micro-RWELL для детектора КМД-3 // Новая физика : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 5.
- 220 **Ветошкина Л.А.** Изучение широких атмосферных ливней с помощью мюонных счетчиков обсерватории TAIGA // Новая физика : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 6.
- 221 **Гороховский Р.Г.** Оценка возможности измерения многофазной проницаемости пористой породы методом рентгеновской денситометрии // Новая физика : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 7.
- 222 **Зубакин А.С.** Измерение формфактора пиона с детектором КМД-3 для энергий выше 1 ГэВ // Новая физика : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 8.
- 223 **Коваленко Е.А.** Измерение сечений процессов $e^+e^- \rightarrow Y(1S,2S)\eta$ и $e^+e^- \rightarrow Y(1S)\eta'$ // Новая физика : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 9.
- 224 **Куценко Б.Д.** Исследование радиационного старения на модели ячейки дрейфовой камеры детектора для Супер Чарм-Тау Фабрики // Новая физика : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 10.
- 225 **Кыштымов Д.А.** Измерение параметров газовых смесей для дрейфовой камеры Супер Чарм-Тау Фабрики // Новая физика : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 11.
- 226 **Любякин А.А.** Вычисление полного борновского сечения процесса $\mu^+\mu^-e$ при произвольных энергиях // Новая физика : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 12.
- 227 **Образцов И.В.** Контроль напряжения на дрейфовой камере детектора КМД-3 // Новая физика : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 13.
- 228 **Петров Н.А.** Изучение процесса $e^+e^- \rightarrow \text{KSKL}$ в диапазоне энергий 1,05–2,00 ГэВ с детектором КМД-3 // Новая физика : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 14.
- 229 **Савченко Я.** Изучение процесса $e^+e^- \rightarrow \mu\mu$ с детектором СНД // Новая физика : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 15.
- 230 **Стоцкий В.А.** Вычисление полного борновского сечения процесса $\mu\mu$ при произвольных энергиях с учетом ограничения на минимальную измеряемую энергию фотона // Новая физика : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 16.
- 231 **Усков А.А.** Изучение процесса $e^+e^- \rightarrow \text{KSK}\pi$ с детектором КМД-3 // Новая физика : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 17.
- 232 **Черепанов А.В.** Измерение характеристик спектросмещающих пластин для прототипа калориметра Супер Чарм-Тау Фабрики // Новая физика : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 18.
- 233 **Хафизов Р.Р.** Исследование локализованных плазмонных резонансов на массиве гофрированных дисков в терагерцовом диапазоне // Фотоника и квантовые оптические технологии : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 33. - Библиогр.: 22 назв.
- 234 **Прокопец В.В., Алякринский О.Н., Старостенко А.А., Цыганов А.С.** Видеонаблюдение за процессом ЭЛС // Третья международная конференция «Электронно-лучевая сварка и смежные технологии», Москва, 12–15 ноября 2019 г. : материалы конференции. - Москва : МЭИ, 2020. - С. 471–480. - Библиогр.: 4 назв.
- 235 **Старостенко А.А., Палюченко В.А., Блинов М.Ф.** Разработка магнитной системы для 3D принтера на базе установки ЭЛС ИЯФ СО РАН // Третья международная конференция «Электронно-лучевая сварка и смежные технологии», Москва, 12–15 ноября 2019 г. : материалы конференции. - Москва : МЭИ, 2020. - С. 465–470. - Библиогр.: 1 назв.
- 236 **Блохина К.А., Девяткина Т.А., Медведев А.М., Старостенко А.А., Цыганов А.С., Сизов М.М., Семенов Ю.И.** Диагностика пучка на установке электронно-лучевой сварки в ИЯФ СО РАН // Третья международная конференция «Электронно-лучевая сварка и смежные технологии», Москва, 12–15 ноября 2019 г. : материалы конференции. - Москва : МЭИ, 2020. - С. 417–427. - Библиогр.: 6 назв.
- 237 **Кузнецова Ю.М., Курузов И.А., Смирнов И.В., Станкевич М.А., Старостина Е.В., Чудова Н.В.** Текстовые проявления фрустрированности пользователя социальных сетей // Медиалингвистика. - 2020. - Т. 7, № 1. - С. 4–15. - Библиогр.: 27 назв. - DOI 10.21638/srbu22.2020.101.
- 238 **Маликов А.Г., Оришич А.М., Витошкин И.Е., Карпов Е.В., Анчаров А.И.** Лазерная сварка разнородных материалов на основе титанового сплава ВТ20 и алюминиевого сплава В-1461 // Прикладная механика и техническая физика. - 2020. - Т. 61, № 2. - С. 175–186. - Библиогр.: 14 назв. - DOI 10.15372/PMTF20200218.
- 239 **Андреев О.В., Андреев Н.Г., Боксрон А.Ю., Кашиная Ю.О., Штоль Д.А.** Новые данные о распространении домашнего сыча в Новосибирской области и северной части Алтайского края, Россия // Пернатые хищники и их охрана. - 2020. - № 39. - С. 282–285. - Библиогр.: 13 назв. - DOI 10.19074/1814-8654-2019-39-282-285.
- 240 **Lazurenko D.V., Alferova G.I., Golkovsky M.G., Emurlaev K.I., Ermulaeva Yu.Yu., Bataev I.A., Ogneva T.S., Ruktuev A.A., Stepanova N.V., Bataev A.A.** Formation of wear-resistant copper-bearing layers on the surfaces of steel substrates by non-vacuum electron beam acladding using powder mixtures // Surface and Coatings Technology. - 2020. - Vol. 395. - Art.nr 125927. - Bibliogr.: 51 ref. - DOI 10.1016/j.surfcoat.2020.125927.
- 241 **Williamson B., Xia G., Gessner S., Petrenko A., Farmer J., Pukhov A.** Betatron radiation diagnostics for AWAKE Run 2 // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. 971. - Art.nr 164076. - Bibliogr.: 17 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2020.164076.

- 242 **Milstein A.I., Shestakov Yu.V., Toporkov D.K.** Spin dynamics of a hydrogen atom in a periodic magnetic structure // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. **969**. - Art.nr 164046. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2020.164046.
- 243 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Measurement of the (anti-) ^3He elliptic flow in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=5.02\text{ TeV}$ // Physics Letters B. - 2020. - Vol. **805**. - Art.nr 135414. - Bibliogr.: 46 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135414.
- 244 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Investigation of the $p\text{--}\Sigma^0$ interaction via femtoscopy in pp collisions // Physics Letters B. - 2020. - Vol. **805**. - Art.nr 135419. - Bibliogr.: 64 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135419.
- 245 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V.** Test of CP invariance in vector-boson fusion production of the Higgs boson in the $H\text{--}\pi\pi$ channel in proton–proton collisions at $\sqrt{s}=13$ with the ATLAS detector // Physics Letters B. - 2020. - Vol. **805**. - Art.nr 135426. - Bibliogr.: 120 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135426.
- 246 **Akhmetshin R.R., Amirkhanov A.N., Anisenkov A.V., Aulchenko V.M., Banzarov V.Sh., Bashtovoy N.S., Berkaev D. E., Bondar A.E., Bragin A. V., Eidelman S. I., Epifanov D.A., Epshteyn L.B., Erofeev A.L., Fedotov G. V., Gayazov S. E., Grancagnolo F.J., Grebenuk A.A., Gribanov S.S., Grigoriev D.N., Ignatov F.V., Ivanov V. L., Karpov S.V., Kasaev A.S., Kazanin V.F., Koop I.A., Korobov A.A., Kozyrev A.N., Kozyrev E.A., Krovovny P.P., Kuzmenko A.E., Kuzmin A.S., Logashenko I.B., Lukin P. A., Lysenko A.P., Mikhailov K.Yu., Okhapkin V.S., Perevedentsev E.A., Pestov Yu.N., Popov A. S., Razuvaev G.P., Ruban A.A., Ryskulov N. M., Ryzhenenko A.E., Semenov A.V., Shatunov Yu.M., Shebalin V.E., Shemyakin D.N., Shwartz B.A., Shwartz D. B., Sibidanov A.L., Solodov E.P., Timoshenko M.V., Titov V.M., Talyshev A.A., Vorobiov A.I., Zemlyansky I.M., Yudin Yu.V.** Study of the process $e^+e^- \rightarrow K^0s K^0s \pi^+\pi^-$ in the c.m. energy range 1.6–2.0 GeV with the CMD-3 detector // Physics Letters B. - 2020. - Vol. **804**. - Art.nr 135380. - Bibliogr.: 22 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135380.
- 247 **Babusci D., Collab. KLOE, Ivanov V. L., Kozyrev E.A., Lukin P. A., Solodov E.P.** Measurement of the branching fraction for the decay $K_s \rightarrow \pi\mu\mu$ with the KLOE detector // Physics Letters B. - 2020. - Vol. **804**. - Art.nr 135378. - Bibliogr.: 19 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135378.
- 248 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B.** Study of $e^+e^- \rightarrow D^+D^- \pi^+\pi^-$ at center-of-mass energies from 4.36 to 4.60 GeV // Physics Letters B. - 2020. - Vol. **804**. - Art.nr 135395. - Bibliogr.: 29 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135395.
- 249 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Measurement of electrons from semileptonic heavy-flavour hadron decays at midrapidity in pp and Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=5.02\text{ TeV}$ // Physics Letters B. - 2020. - Vol. **804**. - Art.nr 135377. - Bibliogr.: 81 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135377.
- 250 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Longitudinal and azimuthal evolution of two-particle transverse momentum correlations in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=2.76\text{ TeV}$ // Physics Letters B. - 2020. - Vol. **804**. - Art.nr 135375. - Bibliogr.: 38 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135375.
- 251 **Gerasimov V.V., Nikitin A.K., Lemzyakov A.G., Azarov I.A., Milekhin I.A., Knyazev B.A., Bezus E.A., Kadomina E.A., Doskolovich L.L.** Splitting a terahertz surface plasmon polariton beam using Kapton film // Journal of the Optical Society of America B: Optical Physics. - 2020. - Vol. **37**, Is. **5**. - P. 1461-1467. - Bibliogr.: 45 ref. - DOI 10.1364/JOSAB.386331.
- 252 **Chilikin K., Collab. Belle, Aulchenko V., Eidelman S., Epifanov D., Gabyshev N., Garmash A., Krovovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shwartz B., Usov Y., Vinokurova A., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V.** First search for the $\eta c 2(1D)$ in B decays at Belle // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. **2020**, Is. **5**. - Art.nr 34. - Bibliogr.: 38 ref. - DOI 10.1007/JHEP05(2020)034.
- 253 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krovovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V.** Test of lepton universality with $\Lambda^0 b \rightarrow p K^0 \ell^+ \ell^-$ decays // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. **2020**, Is. **5**. - Art.nr 40. - Bibliogr.: 46 ref. - DOI 10.1007/JHEP05(2020)040.
- 254 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Search for an excited lepton that decays via a contact interaction to a lepton and two jets in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13\text{ TeV}$ // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. **2020**, Is. **5**. - Art.nr 52. - Bibliogr.: 59 ref. - DOI 10.1007/JHEP05(2020)052.
- 255 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Search for direct top squark pair production in events with one lepton, jets, and missing transverse momentum at 13 TeV with the CMS experiment // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. **2020**, Is. **5**. - Art.nr 32. - Bibliogr.: 99 ref. - DOI 10.1007/JHEP05(2020)032.
- 256 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Search for high mass dijet resonances with a new background prediction method in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13\text{ TeV}$ // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. **2020**, Is. **5**. - Art.nr 33. - Bibliogr.: 69 ref. - DOI 10.1007/JHEP05(2020)033.
- 257 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Higher harmonic non-linear flow modes of charged hadrons in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02\text{ TeV}$ // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. **2020**, Is. **5**. - Art.nr 85. - Bibliogr.: 103 ref. - DOI 10.1007/JHEP05(2020)085.
- 258 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V.** Search for light long-lived neutral particles produced in pp collisions at $\sqrt{s}=13\text{ TeV}$ and decaying into collimated leptons or light hadrons with the ATLAS detector // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. **80**, Is. **5**. - Art.nr 450. - Bibliogr.: 100 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-7997-4.
- 259 **Khatsymovsky V.M.** On the discrete version of the black hole solution // International Journal of Modern Physics A. - 2020. - Vol. **35**, Is. **11-12**. - Art.nr 2050058. - Bibliogr.: 33 ref. - DOI 10.1142/S0217751X2050058X.
- 260 **Caria G., Collab. Belle, Eidelman S., Epifanov D., Gabyshev N., Garmash A., Krovovny P., Matvienko D., Shwartz B., Usov Y., Zhilich V., Zhulanov V.** Measurement of $R(D)$ and $R(D^*)$ with a Semileptonic Tagging Method // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. **124**, Is. **16**. - Art.nr 161803. - Bibliogr.: 28 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.161803.
- 261 **Bulgakova V.V., Gerasimov V.V., Hafizov R.R., Lemzyakov A.G.** Infrared localized surface plasmon dark multipole modes generated on subwavelength corrugated metal disks // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. **1461**: 4th International Conference on Metamaterials and Nanophotonics: METANANO 2019, St. Petersburg, Russia, 15-19 July 2019, Is. **1**. - Art.nr 012047. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1461/1/012047.
- 262 **Gerasimov V.V., Kuznetsov S.A., Lemzyakov A.G., Hafizov R.R.** Studying localized surface plasmon resonances in the THz region for subwavelength spiral disks // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. **1461**: 4th International Conference on Metamaterials and Nanophotonics: METANANO 2019, St. Petersburg, Russia, 15-19 July 2019, Is. **1**. - Art.nr 012048. - Bibliogr.: 17 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1461/1/012048.
- 263 **Petrovski D.V., Romashchenko A.V., Trotsky S.Yu., Morozova K.N., Kiseleva E.V., Sharapova M.B., Rakshun Y.V., Kuper K.E., Moshkin Y.M., Moshkin M.P.** Accumulation pattern of intranasally installed metal oxide nanoparticles in the mouse olfactory bulb // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. **1461**: 4th International Conference on Metamaterials and Nanophotonics: METANANO 2019, St. Petersburg, Russia, 15-19 July 2019, Is. **1**. - Art.nr 012140. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1461/1/012140.
- 264 **Romashchenko A.V., Petrovski D.V., Trotsky S.Yu., Morozova K.N., Illarionova N.B., Zhukova M.V., Kiseleva E.V., Sharapova M.B., Sherbakov I.S., Rakshun Y.V., Kuper K.E., Gerlinskaya L.A., Lin F.H., Moshkin Y.M., Moshkin M.P.** High resolution quantitative tracing and modulation of nanoparticles' nose-to-brain transmission // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. **1461**: 4th International Conference on Metamaterials and Nanophotonics: METANANO 2019, St. Petersburg, Russia, 15-19 July 2019, Is. **1**. - Art.nr 012141. - DOI 10.1088/1742-6596/1461/1/012141.
- 265 **Lees J. P., Collab. BABAR, Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kozyrev E.A., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Y.I., Solodov E.P., Todyshev K.Yu.** Measurements of the Absolute Branching Fractions of $B_{\pm} \rightarrow K_{\pm} X c c$ // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. **124**, Is. **15**. - Art.nr 152001. - Bibliogr.: 23 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.152001.

- 266 **Adachi I., Collab. Belle II, Eidelman S., Krokovny P., Kuzmin A., Vinokurova A., Zhilich V. Search for an Invisibly Decaying Z' Boson at Belle II in $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-(e\mu\mu\pi)$ Plus Missing Energy Final States // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, Is. 14. - Art.nr 141801. - Bibliogr.: 30 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.141801.**
- 267 **Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Belozorova M.S., Bobrovnikov V.S., Buzykaev A.R., Danilyuk A.F., Kacina A., Kononov S.A., Kravchenko E.A., Kuyanov I.A., Onuchin A.P., Ovtin I.V., Plekhov I.M., Podgornov N. A., Razuvaev G.P., Todyshev K.Yu., Vorobyev V.S. Overview of PID options for experiments at the Super Charm-Tau Factory // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 4, Pt. Conference proceedings : International Workshop on Fast Cherenkov Detectors - Photon detection, DIRC design and DAQ (DIRC2019), Giessen, Germany, 11-13 September 2019. - Art.nr C04032. - Bibliogr.: 37 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/04/C04032.**
- 268 **Milstein A.I., Nikolaev N.N., Salnikov S.G. Parity Violation in Proton-Proton Scattering at High Energies // JETP Letters. - 2020. - Vol. 111, Is. 4. - P. 197-200. - Bibliogr.: 31 ref. - DOI 10.1134/S0021364020040098.**
- 269 **Strakovsky I.I., Epifanov D., Pentchev L. J/ψ ρ scattering length from GlueX threshold measurements // Physical Review C. - 2020. - Vol. 101, Is. 4. - Art.nr 042201. - Bibliogr.: 30 ref. - DOI 10.1103/PhysRevC.101.042201.**
- 270 **Sedelnikova O.V., Gurova O.A., Makarova A.A., Fedorenko A.D., Nikolenko A.D., Plyusnin P.E., Arenal R., Bulusheva L.G., Okotrub A.V. Light-induced sulfur transport inside single-walled carbon nanotubes // Nanomaterials. - 2020. - Vol. 10, Is. 5. - Art.nr 818. - Bibliogr.: 57 ref. - DOI 10.3390/nano10050818.**
- 271 **Adlarson P., Collab. WASA-at-COSY, Bondar A., Shwartz B. Three-nucleon dynamics in dp breakup collisions using the WASA detector at COSY-Julich // Physical Review C. - 2020. - Vol. 101, Is. 4. - Art.nr 044001. - Bibliogr.: 59 ref. - DOI 10.1103/PhysRevC.101.044001.**
- 272 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of the semimuonic decay $D^+ \rightarrow \omega\mu^+\mu^-$ // Physical Review D. - 2020. - Vol. 101, Is. 7. - Art.nr 072005. - Bibliogr.: 38 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.072005.**
- 273 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of $|V_{cb}|$ with $B^0 \rightarrow D^{(*)} s^- \mu^+\mu^-$ decays // Physical Review D. - 2020. - Vol. 101, Is. 7. - Art.nr 072004. - Bibliogr.: 56 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.072004.**
- 274 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Underlying event properties in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 4. - Art.nr 192. - Bibliogr.: 54 ref. - DOI 10.1007/JHEP04(2020)192.**
- 275 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Global polarization of $\Lambda^-\Lambda$ hyperons in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ and 5.02 TeV // Physical Review C. - 2020. - Vol. 101, Is. 4. - Art.nr 044611. - Bibliogr.: 45 ref. - DOI 10.1103/PhysRevC.101.044611.**
- 276 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Measurement of properties of $B^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$ decays and search for $B^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$ with the CMS experiment // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 4. - Art.nr 188. - Bibliogr.: 49 ref. - DOI 10.1007/JHEP04(2020)188.**
- 277 **Katrenko P., Collab. Belle, Bobrov A., Eidelman S., Epifanov D., Gabyshev N., Garmash A., Matvienko D., Usov Y., Zhilich V. Observation of the Radiative Decays of $Y(1S)$ to $Xc1$ // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, Is. 12. - Art.nr 122001. - Bibliogr.: 19 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.122001.**
- 278 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of $|s|/|u|$ Variation with Proton-Proton Collision Energy and B-Meson Kinematics // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, Is. 12. - Art.nr 122002. - Bibliogr.: 40 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.122002.**
- 279 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of a Resonant Structure in $e^+e^- \rightarrow K^+K^-\pi^+\pi^0$ // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, Is. 11. - Art.nr 112001. - Bibliogr.: 46 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.112001.**
- 280 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Isospin Amplitudes in $\Lambda^0 b \rightarrow J/\psi \Lambda (\Sigma^0)$ and $\Xi^0 b \rightarrow J/\psi \Xi^0 (\Lambda)$ Decays // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, Is. 11. - Art.nr 111802. - Bibliogr.: 45 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.111802.**
- 281 **Abramishvili R., Collab. COMET, Akhmetshin R.R., Bondar A.E., Epshteyn L.B., Fedotovich G. V., Grigoriev D.N., Ignatov F.V., Kazanin V.F., Kozyrev A.N., Ruban A.A., Tolmachev S. S., Yudin Yu.V. COMET Phase-I technical design report // Progress of Theoretical and Experimental Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 3. - Art.nr 033C01. - Bibliogr.: 99 ref. - DOI 10.1093/ptep/ptz125.**
- 282 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Scattering Studies with Low-Energy Kaon-Proton Femtoscopy in Proton-Proton Collisions at the LHC // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, Is. 9. - Art.nr 092301. - Bibliogr.: 56 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.092301.**
- 283 **Bondar A., Grabovsky A., Reznichenko A., Rudenko A., Vorobyev V. Measurement of the weak mixing angle at a Super Charm-Tau factory with data-driven monitoring of the average electron beam polarization // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 3. - Art.nr 76. - Bibliogr.: 21 ref. - DOI 10.1007/JHEP03(2020)076.**
- 284 **Morsin A.A., Singatulin Sh.R., Krylov A.A. Pulsed Power Supply Control Module // Physics of Particles and Nuclei Letters. - 2020. - Vol. 17, Is. 2. - P. 239-242. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1134/S1547477120020132.**
- 285 **Koop I.A., Milstein A.I., Nikolaev N.N., Popov A. S., Salnikov S.G., Shatunov P.Yu., Shatunov Yu.M. Strategies for Probing P-Parity Violation in Nuclear Collisions at the NICA Accelerator Facility // Physics of Particles and Nuclei Letters. - 2020. - Vol. 17, Is. 2. - P. 154-159. - Bibliogr.: 14 ref. - DOI 10.1134/S1547477120020107.**
- 286 **Zhirov O.V., Lages J., Shepelyansky D.L. Thermoelectricity modeling with cold dipole atoms in aubry phase of optical lattice // Applied Sciences-Basel. - 2020. - Vol. 10, Is. 6. - Art.nr 2090. - Bibliogr.: 32 ref. - DOI 10.3390/app10062090.**
- 287 **Nikiforov D.A., Blinov M.F., Fedorov V.V., Petrenko A. V., Logachev P.V., Bak P.A., Zhivankov K.I., Ivanov A.V., Starostenko A.A., Pavlov O.A., Kuznetsov G.I., Batazova M.A., Starostenko D.A., Petrov D.V., Nikitin O.A., Akhmetov A.R. High-Current Electron-Beam Transport in the LIA-5 Linear Induction Accelerator // Physics of Particles and Nuclei Letters. - 2020. - Vol. 17, Is. 2. - P. 197-203. - Bibliogr.: 7 ref. - DOI 10.1134/S1547477120020156.**
- 288 **Tsygankova A.R., Kanygin V.V., Kasatova A.I., Zav'yalov E.L., Gusel'nikova T.Ya., Kichigin A.I., Mukhamadiyarov R.A. Determination of boron by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy. Biodistribution of ^{10}B in tumor-bearing mice // Russian Chemical Bulletin. - 2020. - Vol. 69, Is. 3. - P. 601-607. - Bibliogr.: 37 ref. - DOI 10.1007/s11172-020-2805-8.**
- 289 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of $D^+ \rightarrow \eta\eta\pi^+$ and improved measurement of $D^0 \rightarrow \eta\pi^+\pi^-(\eta)$ // Physical Review D. - 2020. - Vol. 101, Is. 5. - Art.nr 052009. - Bibliogr.: 32 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.052009.**
- 290 **Chu K., Collab. Belle, Aulchenko V., Bobrov A., Eidelman S., Epifanov D., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Matvienko D., Usov Y., Vinokurova A., Zhilich V., Zhulanov V.V. Study of $B \rightarrow p\bar{p}\pi\pi$ // Physical Review D. - 2020. - Vol. 101, Is. 5. - Art.nr 052012. - Bibliogr.: 26 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.052012.**
- 291 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Observation of the semileptonic decay $B^+ \rightarrow p\bar{p}\mu^+\mu^-$ // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 3. - Art.nr 146. - Bibliogr.: 44 ref. - DOI 10.1007/JHEP03(2020)146.**
- 292 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of CP violation in $B^0 \rightarrow D^{\pm} D^{\mp}$ decays // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 3. - Art.nr 147. - Bibliogr.: 46 ref. - DOI 10.1007/JHEP03(2020)147.**
- 293 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Measurements of inclusive jet spectra in pp and central Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV // Physical Review C. - 2020. - Vol. 101, Is. 3. - Art.nr 034911. - Bibliogr.: 86 ref. - DOI 10.1103/PhysRevC.101.034911.**
- 294 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. A search for the standard model Higgs boson decaying to charm quarks // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 3. - Art.nr 131. - Bibliogr.: 101 ref. - DOI 10.1007/JHEP03(2020)131.**

- 295 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Search for lepton flavour violating decays of a neutral heavy Higgs boson to $\mu\tau$ and $e\tau$ in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 3. - Art.nr 103. - Bibliogr.: 88 ref. - DOI 10.1007/JHEP03(2020)103.**
- 296 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Search for a heavy pseudoscalar Higgs boson decaying into a 125 GeV Higgs boson and a Z boson in final states with two tau and two light leptons at $\sqrt{s} = 13$ TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 3. - Art.nr 65. - Bibliogr.: 106 ref. - DOI 10.1007/JHEP03(2020)065.**
- 297 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Search for physics beyond the standard model in multilepton final states in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 3. - Art.nr 51. - Bibliogr.: 69 ref. - DOI 10.1007/JHEP03(2020)051.**
- 298 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Search for new neutral Higgs bosons through the $H \rightarrow ZA \rightarrow \ell^* \ell^* b \bar{b}$ process in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 3. - Art.nr 55. - Bibliogr.: 58 ref. - DOI 10.1007/JHEP03(2020)055.**
- 299 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Measurement of top quark pair production in association with a Z boson in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 3. - Art.nr 56. - Bibliogr.: 92 ref. - DOI 10.1007/JHEP03(2020)056.**
- 300 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Search for a heavy Higgs boson decaying to a pair of W bosons in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 3. - Art.nr 34. - Bibliogr.: 130 ref. - DOI 10.1007/JHEP03(2020)034.**
- 301 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Search for dark matter particles produced in association with a Higgs boson in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 3. - Art.nr 25. - Bibliogr.: 104 ref. - DOI 10.1007/JHEP03(2020)025.**
- 302 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Bose-Einstein correlations of charged hadrons in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 3. - Art.nr 14. - Bibliogr.: 71 ref. - DOI 10.1007/JHEP03(2020)014.**
- 303 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Search for long-lived neutral particles produced in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV decaying into displaced hadronic jets in the ATLAS inner detector and muon spectrometer // Physical Review D. - 2020. - Vol. 101, Is. 5. - Art.nr 052013. - Bibliogr.: 64 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.052013.**
- 304 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Measurement of soft-drop jet observables in pp collisions with the ATLAS detector at $\sqrt{s} = 13$ TeV // Physical Review D. - 2020. - Vol. 101, Is. 5. - Art.nr 052007. - Bibliogr.: 86 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.052007.**
- 305 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Searches for electroweak production of supersymmetric particles with compressed mass spectra in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector // Physical Review D. - 2020. - Vol. 101, Is. 5. - Art.nr 052005. - Bibliogr.: 131 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.052005.**
- 306 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Search for new resonances in mass distributions of jet pairs using 139 fb⁻¹ of pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 3. - Art.nr 145. - Bibliogr.: 71 ref. - DOI 10.1007/JHEP03(2020)145.**
- 307 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Measurement of the $Z(\rightarrow \ell^* \ell^*) \gamma$ production cross-section in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 3. - Art.nr 54. - Bibliogr.: 83 ref. - DOI 10.1007/JHEP03(2020)054.**
- 308 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Measurement of isolated-photon plus two-jet production in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 3. - Art.nr 179. - Bibliogr.: 67 ref. - DOI 10.1007/JHEP03(2020)179.**
- 309 **Schmidt M., Dürren M., Hayrapetyan A., Barnyakov A.Yu., Kononov S.A. DIRC options for the Super Charm Tau Factory // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 2, Pt. Conference proceedings : International Workshop on Fast Cherenkov Detectors - Photon detection, DIRC design and DAQ (DIRC2019), Giessen, Germany, 11-13 September 2019. - Art.nr C02032. - Bibliogr.: 11 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/02/C02032.**
- 310 **Krupin V., Zemtsov I., Nurgaliev M., Klyuchnikov L., Nemets A., Ivanov A., Stupishin N., Naumenko N., Tugarinov S. The development of charge exchange recombination spectroscopy diagnostics for the T-15MD tokamak // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 2, Pt. Conference proceedings : 3rd European Conference on Plasma Diagnostics (ECPD2019), Lisbon, Portugal, 6-10 May 2019. - Art.nr C02027. - Bibliogr.: 10 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/02/C02027.**
- 311 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Partial wave analysis of $\psi(3686) \rightarrow K^* K^- \eta$ // Physical Review D. - 2020. - Vol. 101, Is. 3. - Art.nr 032008. - Bibliogr.: 44 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.032008.**
- 312 **Aalseth C.E., Collab. DarkSide-20k, Bondar A., Borisova E., Buzulutskov A., Oleynikov V., Sokolov A. Design and construction of a new detector to measure ultra-low radioactive-isotope contamination of argon // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 2. - Art.nr P02024. - Bibliogr.: 20 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/02/P02024.**
- 313 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V. Search for direct stau production in events with two hadronic τ -leptons in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector // Physical Review D. - 2020. - Vol. 101, Is. 3. - Art.nr 032009. - Bibliogr.: 108 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.032009.**
- 314 **Soldatkina E.I., Khilchenko A.D., Khilchenko V.A., Moiseev D.V., Prikhodko V.V., Savkin V.Ya., Zubarev P.V., Bagryansky P.A. Single probe diagnostics for the study of plasma parameters in the expander of an open magnetic trap // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 1. - Art.nr P01018. - Bibliogr.: 13 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/01/P01018.**
- 315 **Abbiendi G., Bernhard J., Betti F., Bonanomi M., Carloni Calame C.M., Garattini M., Gavrikov Y., Hall G., Iacoangeli F., Ignatov F., Incagli M., Ivanchenko V., Ligabue F., James T.O., Marconi U., Matteuzzi C., Passera M., Pesaresi M., Piccinini F., Pilato R.N., Pisani F., Principe A., Scandale W., Tenchini R., Venanzoni G. Results on multiple Coulomb scattering from 12 and 20 GeV electrons on carbon targets // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 1. - Art.nr P01017. - Bibliogr.: 20 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/01/P01017.**
- 316 **Andreev S.V., Vorobiev N.S., Dorokhov V.L., Zarovsky A.I., Komelkov A.S., Kurkin G.Ya., Meshkov O.I., Smirnov A.V. A Picosecond Image-Converter Dissector with a Crossed Sweep // Instruments and Experimental Techniques. - 2020. - Vol. 63, Is. 1. - P. 87-91. - Bibliogr.: 6 ref. - DOI 10.1134/S0020441220010017.**

- 317 **Konstantinov V.V., Sen A., Silagadze Z.K.** Maximum attainable energy in a fixed-frequency cyclotron // *European Journal of Physics*. - 2020. - **Vol. 41, Is. 1.** - Art.nr 015601. - Bibliogr.: 28 ref. - DOI 10.1088/1361-6404/ab4685.
- 318 **Arzhannikov A.V., Ivanov I.A., Kasatov A.A., Kuznetsov S.A., Makarov M.A., Mekler K.I., Polosatkin S.V., Popov S.S., Rovenskikh A.F., Samtsov D.A., Sinitzky S.L., Stepanov V.D., Annenkov V.V., Timofeev I.V.** Well-directed flux of megawatt sub-mm radiation generated by a relativistic electron beam in a magnetized plasma with strong density gradients // *Plasma Physics and Controlled Fusion*. - 2020. - **Vol. 62, Is. 4.** - Art.nr 045002. - Bibliogr.: 51 ref. - DOI 10.1088/1361-6587/ab72e3.
- 319 **Baranov G., Borin V., Zhuravlev A., Zolotarev K., Karnaev S., Kuper K., Levichev E., Meshkov O., Mishnev S., Nikolaev I., Nikolenko A., Piminov P.** Experiments with Synchrotron Radiation at the VEPP-4M // *Journal of Surface Investigation*. - 2020. - **Vol. 14, Is. 1.** - P. 150-154. - Bibliogr.: 18 ref. - DOI 10.1134/S1027451020020032.
- 320 **Fadin V.S.** Higher-Order Contributions to QCD Amplitudes in Regge Kinematics (Scientific Summary) // *JETP Letters*. - 2020. - **Vol. 111, Is. 1.** - P. 1-7. - Bibliogr.: 24 ref. - DOI 10.1134/S0021364020010026.
- 321 **Timofeev I.V., Berendeev E.A., Annenkov V.V., Volchok E.P.** Simulations of electromagnetic emission from colliding laser wakefields // *Plasma Physics and Controlled Fusion*. - 2020. - **Vol. 62, Is. 4.** - Art.nr 045017. - Bibliogr.: 40 ref. - DOI 10.1088/1361-6587/ab74e6.
- 322 **Semenov A.M., Anashin V.V., Zharikov A.A., Krasnov A.A., Fatkin G.A., Shwartz D. B.** First Experimental Data on a New SR Beamline of the VEPP-2000 Complex for the HL-LHC Vacuum System // *Journal of Surface Investigation*. - 2020. - **Vol. 14, Is. 1.** - P. 13-16. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1134/S1027451020010140.
- 323 **Bagryansky P.A., Chen Z., Kotelnikov I.A., Yakovlev D.V., Prikhodko V.V., Zeng Q., Bai Y., Yu J., Ivanov A.A., Wu Y.** Development strategy for steady-state fusion volumetric neutron source based on the gas-dynamic trap // *Nuclear Fusion*. - 2020. - **Vol. 60, Is. 3.** - Art.nr 036005. - Bibliogr.: 48 ref. - DOI 10.1088/1741-4326/ab668d.
- 324 **Chernozhukov Yu. D., Shebolaev I. V., Ikryanov I.M., Bolotov V.A., Tanashev Yu. Yu., Medvedev L.E., Voskoboinikov R.V.** The Magnetron Synchronization Band // *Technical Physics Letters*. - 2020. - **Vol. 46, Is. 1.** - P. 31-33. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.1134/S1063785020010022.
- 325 **Solov'eva Yu.V., Starenchenko S.V., Starenchenko V.A., Ancharov A.I.** Destruction of Long-Range Order and the Formation of an Amorphous Phase in the Superlocalized Shear Bands of Ni3Ge Single Crystals // *Journal of Surface Investigation*. - 2020. - **Vol. 14, Is. 1.** - P. 158-162. - Bibliogr.: 12 ref. - DOI 10.1134/S1027451020020159.
- 326 **Berezkin V.V., Bedin S.A., Vasiliev A.B., Grigor'ev Yu.V., Nazmov V.P.** Formation of Iodic-Acid Microstructures in Polyethylene-Terephthalate-Based Porous Systems // *Journal of Surface Investigation*. - 2020. - **Vol. 14, Is. 1.** - P. 155-157. - Bibliogr.: 10 ref. - DOI 10.1134/S1027451020020044.
- 327 **Decking W., Collab. DESY, Abramsky A., Anashin V., Bak P., Belikov O., Belova L., Cheskidov V., Gusev G., Kholopov M., Kosarev A., Kozak V., Krasnov A., Kulikov V., Kuzminykh V., Mamoshkina E., Morozov I., Nefedov N., Okunev I., Ottmar A., Pivovarov S., Pyata E., Semenov E., Torbin I., Zhukov A., Zolotukhina N.** A MHz-repetition-rate hard X-ray free-electron laser driven by a superconducting linear accelerator // *Nature Photonics*. - 2020. - **Vol. 14, Is. 6.** - P. 391-397. - Bibliogr.: 54 ref. - DOI 10.1038/s41566-020-0607-z.
- 328 **Губин К.В., Мальцева Ю.И., Оттмар А.В., Рыбичкая Т.В.** Спектрометр для измерения характеристик одиночного лазерно-ускоренного электронного сгустка с малым зарядом // *Приборы и техника эксперимента*. - 2020. - **№ 3.** - С. 40-49. - Библиогр.: 18 назв. - DOI 10.31857/S0032816220040059.
- 329 **Колесников Я.А., Кошкарев А.М., Таскаев С.Ю., Щудло И.М.** Диагностика эффективности газовой обдирочной мишени ускорителя-тандема с вакуумной изоляцией // *Приборы и техника эксперимента*. - 2020. - **№ 3.** - С. 25-29. - Библиогр.: 13 назв. - DOI 10.31857/S0032816220040060.
- 330 **Сумбаев А.П., Барняков А.М., Левичев А.Е.** Анализ нагрузки током пучка ускоряющего поля ускорителя ЛУЭ-200 // *Известия вузов. Физика*. - 2020. - **Т. 63, № 3.** - С. 152-156. - Библиогр.: 6 назв. - DOI 10.17223/00213411/63/3/152.
- 331 **Зимоглядова Т.А., Бушуева Е.Г., Штерцер А.А., Гринберг Б.Е., Соболева Н.Н., Коллманнсбергер Е., Чакин И.К., Бибко Д.С., Леонов А.В., Сафарова Д.Э.** Структурные особенности и износостойкость слоев, сформированных наплавкой самофлюсующегося никелевого сплава и бора электронным лучом, выведенным в воздушную атмосферу // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. - 2020. - **Т. 22, № 2.** - С. 89-103. - Библиогр.: 25 назв. - DOI 10.17212/1994-6309-2020-22.2-89-103.
- 332 **Smirnov E.B., Petrov D.V., Garmashev A.Yu., Prueel E.R., Ten K.A., Kashkarov A.O., Rubtsov I.A., Tolochko B.P.** Registration of double compression of materials using a synchrotron // XXXV International Conference on Equations of State for Matter (ELBRUS 2020), Elbrus, Kabardino-Balkaria, 1-6 March 2020 : book of abstracts. - Chernogolovka : IPCP RAS, 2020. - P. 102.
- 333 **Kolesnikov P.A., Akhmetov A.R., Chernitza A.O., Petrov D.V., Nikitin O.A., Truneev Yu.A., Skovorodin D.I., Atlukhanov M.G., Burdakov A.V., Danilov V.V., Kurkuchekov V.V., Popov S.S., Zhivankov K.I.** Diagnostics of focal spot of a linear induction accelerator in the conditions of target plasmadistribution // XXXV International Conference on Equations of State for Matter (ELBRUS 2020), Elbrus, Kabardino-Balkaria, 1-6 March 2020 : book of abstracts. - Chernogolovka : IPCP RAS, 2020. - P. 211.
- 334 **Kotelnikov I.** On the structure of the boundary layer in a Beklemishev diamagnetic bubble // *Plasma Physics and Controlled Fusion*. - 2020. - **Vol. 62, Is. 7.** - Art.nr 075002. -19 p. - Bibliogr.: 20 ref. - DOI 10.1088/1361-6587/ab8a63.
- 335 **Kotelnikov I., Chen Z., Bagryansky P., Sudnikov A., Zeng Q., Yakovlev D., Wang F., Ivanov A., Wu Y.** Summary of the 2nd International Workshop on Gas-Dynamic Trap based Fusion Neutron Source (GDT-FNS) // *Nuclear Fusion*. - 2020. - **Vol. 60, Is. 6.** - Art.nr 067001. -6 p. - Bibliogr.: 19 ref. - DOI 10.1088/1741-4326/ab81ab.
- 336 **Shalashov A.G., Gospodchikov E.D., Khusainov T.A., Lubyako L.V., Smolyakova O.B., Solomakhin A.L.** Collective Thomson scattering diagnostic for the GDT open magnetic trap // *Plasma Physics and Controlled Fusion*. - 2020. - **Vol. 62, Is. 6.** - Art.nr 065010. -9 p. - Bibliogr.: 48 ref. - DOI 10.1088/1361-6587/ab83cc.
- 337 **Kotelnikov I.A., Kameshkov O.E., Knyazev B.A.** Diffraction of Bessel beams on 2D amplitude gratings—a new branch in the Talbot effect study // *Journal of Optics*. - 2020. - **Vol. 22, Is. 6.** - Art.nr 065603. -11 p. - Bibliogr.: 33 ref. - DOI 10.1088/2040-8986/ab877d.
- 338 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V.** Search for the Rare Decays $B^0 \rightarrow e^+e^-$ and $B^0 \rightarrow e^+e^-$ // *Physical Review Letters*. - 2020. - **Vol. 124, Is. 21.** - Art.nr 211802. -11 p. - Bibliogr.: 42 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.211802.
- 339 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Measurement of the Jet Mass Distribution and Top Quark Mass in Hadronic Decays of Boosted Top Quarks in pp Collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // *Physical Review Letters*. - 2020. - **Vol. 124, Is. 20.** - Art.nr 202001. -19 p. - Bibliogr.: 85 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.202001.
- 340 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Skovpen Y., Shtol D.** Study of dijet events with a large rapidity gap between the two leading jets in pp collisions at $\sqrt{s}=7$ TeV (vol 78, 242, 2018) // *European Physical Journal C*. - 2020. - **Vol. 80, Is. 5.** - Art.nr 441. -15 p. - Bibliogr.: 1 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-7946-2.
- 341 **Seidl R., Collab. Belle, Aulchenko V., Eidelman S., Epifanov D., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shwartz B., Vorobyev V., Zhilich V.** Update of inclusive cross sections of single and pairs of identified light charged hadrons // *Physical Review D*. - 2020. - **Vol. 101, Is. 9.** - Art.nr 092004. -13 p. - Bibliogr.: 12 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.092004.
- 342 **Jia S., Collab. Belle, Aulchenko V., Eidelman S., Epifanov D., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shwartz B., Usov Y., Vinokurova A., Zhilich V., Zhulanov V.** Evidence for a vector charmoniumlike state in $e^+e^- \rightarrow D_s^+ D_s^{*2}(2573)^- + c.c.$ // *Physical Review D*. - 2020. - **Vol. 101, Is. 9.** - Art.nr 091101(R). - Bibliogr.: 43 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.091101.
- 343 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Measurement of differential cross sections and charge ratios for channel single top quark production in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // *European Physical Journal C*. - 2020. - **Vol. 80, Is. 5.** - Art.nr 370. -37 p. - Bibliogr.: 72 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-7858-1.
- 344 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B.** First measurements of $XcJ \rightarrow \Sigma^+ \Sigma^*(J=0,1,2)$ decays // *Physical Review D*. - 2020. - **Vol. 101, Is. 9.** - Art.nr 092002. -9 p. - Bibliogr.: 30 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.092002.

- 345 **Kudryavtsev V.N., Maltsev T. V., Shekhtman L.I.** Spatial resolution of the detectors based on Gas Electron Multipliers // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. **15**, Is. **5**, Pt. **Conference proceedings** : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTTR2020), Novosibirsk, 24-28 February 2020. - Art.nr C05018. -8 p. - Bibliogr.: 16 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/05/C05018.
- 346 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Calibration of the CMS hadron calorimeters using proton-proton collision data at $\sqrt{s}=13$ TeV // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. **15**, Is. **5**. - Art.nr P05002. -48 p. - Bibliogr.: 36 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/05/P05002.
- 347 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Production of charged pions, kaons, and (anti-)protons in Pb-Pb and inelastic pp collisions at $\sqrt{s_{NN}}=5.02$ TeV // *Physical Review C*. - 2020. - Vol. **101**, Is. **4**. - Art.nr 044907. -27 p. - Bibliogr.: 106 ref. - DOI 10.1103/PhysRevC.101.044907.
- 348 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Production of (anti-) ^3He and (anti-) ^3H in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=5.02$ TeV // *Physical Review C*. - 2020. - Vol. **101**, Is. **4**. - Art.nr 044906. -20 p. - Bibliogr.: 46 ref. - DOI 10.1103/PhysRevC.101.044906.
- 349 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Search for heavy Higgs bosons decaying to a top quark pair in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // *Journal of High Energy Physics*. - 2020. - Vol. **2020**, Is. **4**. - Art.nr 171. -51 p. - Bibliogr.: 87 ref. - DOI 10.1007/JHEP04(2020)171.
- 350 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Constraints on the Xc1 versus Xc2 Polarizations in Proton-Proton Collisions at $\sqrt{s}=8$ TeV // *Physical Review Letters*. - 2020. - Vol. **124**, Is. **16**. - Art.nr 162002. -18 p. - Bibliogr.: 57 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.162002.
- 351 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Measurement of the $t\bar{t}b\bar{b}$ production cross section in the all-jet final state in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. **803**. - Art.nr 135285. -26 p. - Bibliogr.: 57 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135285.
- 352 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Running of the top quark mass from proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. **803**. - Art.nr 135263. -24 p. - Bibliogr.: 56 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135263.
- 353 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Production of Λ_c^+ baryons in proton-proton and lead-lead collisions at $\sqrt{s_{NN}}=5.02$ TeV // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. **803**. - Art.nr 135328. -23 p. - Bibliogr.: 46 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135328.
- 354 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y.** Study of excited Λ^b states decaying to $\Lambda^b\pi^+\pi^-$ in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. **803**. - Art.nr 135345. -22 p. - Bibliogr.: 39 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135345.
- 355 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V.** Search for chargino-neutralino production with mass splittings near the leucowave scale in three-lepton final states in $\sqrt{s}=13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. **101**, Is. **7**. - Art.nr 072001. -32 p. - Bibliogr.: 102 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.072001.
- 356 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Search for a Narrow Resonance Lighter than 200 GeV Decaying to a Pair of Muons in Proton-Proton Collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // *Physical Review Letters*. - 2020. - Vol. **124**, Is. **13**. - Art.nr 131802. -17 p. - Bibliogr.: 42 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.131802.
- 357 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V.** ATLAS data quality operations and performance for 2015-2018 data-taking // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. **15**, Is. **4**. - Art.nr P04003. -43 p. - Bibliogr.: 40 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/04/P04003.
- 358 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B.** Future Physics Programme of BESIII // *Chinese Physics C*. - 2020. - Vol. **44**, Is. **4**. - Art.nr 040001. -106 p. - Bibliogr.: 685 ref. - DOI 10.1088/1674-1137/44/4/040001.
- 359 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Search for supersymmetry in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with 137fb $^{-1}$ in final states with a single lepton using the sum of masses of large-radius jets // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. **101**, Is. **5**. - Art.nr 052010. -33 p. - Bibliogr.: 97 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.052010.
- 360 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** A multi-dimensional search for new heavy resonances decaying to boosted WW, WZ, or ZZ boson pairs in the dijet final state at 13 TeV // *European Physical Journal C*. - 2020. - Vol. **80**, Is. **3**. - Art.nr 237. -34 p. - Bibliogr.: 83 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-7773-5.
- 361 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Observation of the $\Lambda^b \rightarrow J/\psi\Lambda\phi$ decay in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. **802**. - Art.nr 135203. -23 p. - Bibliogr.: 48 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135203.
- 362 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Search for direct pair production of supersymmetric partners to the tau lepton in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // *European Physical Journal C*. - 2020. - Vol. **80**, Is. **3**. - Art.nr 189. -34 p. - Bibliogr.: 80 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-7739-7.
- 363 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Multiplicity dependence of (multi-)strange hadron production in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // *European Physical Journal C*. - 2020. - Vol. **80**, Is. **2**. - Art.nr 167. -26 p. - Bibliogr.: 51 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-7673-8.
- 364 **Prim M.T., Collab. Belle, Aulchenko V., Bobrov A., Eidelman S., Epifanov D., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shwartz B., Usov Y., Vinokurova A., Zhilich V., Zhulanov V.** Search for $B^+ \rightarrow \mu^+\mu\mu$ and $B^+ \rightarrow \mu^+N$ with inclusive tagging // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. **101**, Is. **3**. - Art.nr 032007. -20 p. - Bibliogr.: 59 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.032007.
- 365 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V.** Determination of quantum numbers for several excited charmed mesons observed in $B^- \rightarrow D^{*+}\pi^-\pi^-$ decays // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. **101**, Is. **3**. - Art.nr 032005. -24 p. - Bibliogr.: 34 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.032005.
- 366 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Performance of the reconstruction and identification of high-momentum muons in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. **15**, Is. **2**. - Art.nr P02027. -55 p. - Bibliogr.: 34 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/02/P02027.
- 367 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Search for Supersymmetry with a Compressed Mass Spectrum in Events with a Soft tau Lepton, a Highly Energetic Jet, and Large Missing Transverse Momentum in Proton-Proton Collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // *Physical Review Letters*. - 2020. - Vol. **124**, Is. **4**. - Art.nr 041803. -19 p. - Bibliogr.: 81 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.041803.
- 368 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Evidence for WW production from double-parton interactions in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // *European Physical Journal C*. - 2020. - Vol. **80**, Is. **1**. - Art.nr 41. -26 p. - Bibliogr.: 68 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-019-7541-6.
- 369 **Успенский С.А., Хaptaханова П.А., Заборонок А.А., Куркин Т.С., Волкова О.Ю., Мечетина Л.В., Таранин А.Н., Каныгин В.В., Мацура А., Таскаев С.Ю.** Получение наночастиц элементного бора методом ультразвуковой обработки в водной среде и их применение в бор-нейтронозахватной терапии // Доклады Российской академии наук. Химия, науки о материалах. - 2020. - Т. **491**, № 1. - С. 20-24. - Библиогр.: 9 назв. - DOI 10.31857/S2686953520020119.
- 370 **Zimogliadova T., Bushueva E., Shtertser A., Grinberg B., Soboleva N., Kollmannsberger E., Chakin I., Bibko D., Leonov A., Safarova D.** Structure Features and Wear Resistance of Layers, formed by Ni-based Self-fluxing Alloy combined with Boron by Electron Beam, revealed in the Air Atmosphere // *Obrabotka Metallov-Metal Working And Material Science*. - 2020. - Vol. **22**, Is. **2**. - P. 89-103. - Bibliogr.: 25 ref. - DOI 10.17212/1994-6309-2020-22-2-89-103.

- 371 **Tanaka K., Group LHD Experiment, Vacheslavov L.N. Extended investigations of isotope effects on ECRH plasma in LHD // Plasma Physics and Controlled Fusion. - 2020. - Vol. 62, Is. 2, Special Issue Papers : Special Issue Featuring the Invited Talks from the 46th EPS Conference on Plasma Physics: EPS 2019, Milan, 8–12 July 2019. - Art.nr 024006. -18 p. - Bibliogr.: 50 ref. - DOI 10.1088/1361-6587/ab5bae.**
- 372 **Борин В.М., Дорохов В.Л., Мешков О.И., Чао Ма Сяо Измерение энергетического разброса коллайдера ВЭПП-4М во всем диапазоне энергий // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 3. - С. 276-289. - Библиогр.: 23 назв.**
- 373 **Генцелев А.Н., Дульцев Ф.Н., Гольденберг Б.Г., Купер К.Э. Способ изготовления кремниевых рентгеношаблонов с использованием плазмохимического травления // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. - 2020. - № 8. - С. 108-112. - Библиогр.: 18 назв. - DOI 10.31857/S1028096020080087.**
- 374 **Морсин А.А., Сингатулин Ш.Р., Крылов А.А. Модуль контроля импульсного питания // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 2. - С. 211-217. - Библиогр.: 5 назв.**
- 375 **Никифоров Д.А., Блинов М.Ф., Федоров В.В., Петренко А.В., Логачев П.В., Бак П.А., Живанков К.И., Иванов А.В., Старостенко А.А., Павлов О.А., Кузнецов Г.И., Батазова М.А., Старостенко Д.А., Петров Д.В., Никитин О.А., Ахметов А.Р. Транспортировка сильнооточного электронного пучка в линейном индукционном ускорителе ЛИУ-5 // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 2. - С. 158-167. - Библиогр.: 7 назв.**
- 376 **Кооп И.А., Мильштейн А.И., Николаев Н.Н., Попов А.С., Сальников С.Г., Шатунов П.Ю., Шатунов Ю.М. Возможность изучения нарушения четности в столкновениях ядер на ускорительном комплексе NICA // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 2. - С. 122-131. - Библиогр.: 13 назв.**
- 377 **Пятаев М.В., Сизов А.Н. Совершенствование постановки базовой ОМММ-ЖДТ с целью повышения ее гибкости при оценке крупномасштабных железнодорожных проектов // Регион: экономика и социология. - 2020. - № 2. - С. 77-91. - Библиогр.: 13 назв. - DOI 10.15372/REG20200204.**
- 378 **Дарьин А.В., Рогозин Д.Ю., Мейдус А.В., Бабич В.В., Калугин И.А., Маркович Т.И., Ракшун Я.В., Дарьин Ф.А., Сороколетов Д.С., Гогин А.А., Сенин Р.А., Дегерменджи А.Г. Следы Тунгусского события 1908 г. в донных осадках озера заповедное по данным сканирующего РФА-СИ // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. - 2020. - Т. 492, № 2. - С. 61-65. - Библиогр.: 10 назв. - DOI 10.31857/S2686739720060043.**
- 379 **Мусаханов Д.А., Тулегенова А.Т., Лисицын В.М., Голковский М.Г., Карипбаев Ж.Т., Купчишин А.И., Степанов С.А. Влияние отжига на люминесценцию ИАГ:СЕ и ИАПГ:СЕ керамики, синтезированной в поле радиации // Известия Российской Академии Наук. Серия физическая. - 2020. - Т. 84, № 7. - С. 969-972. - Библиогр.: 16 назв. - DOI 10.31857/S0367676520070200.**
- 380 **Gerasimov V., Nikitin A., Khitrov O. Modeling of Terahertz Surface Plasmon Fourier Spectrometer // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 11.**
- 381 **Bukhtiyarov A., Nikolenko A., Prosvirin I.P., Tereshchenko O., Kvon R. "Electronic structure" beamline 1-6 at SKIF synchrotron facility // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 12-13.**
- 382 **Zakharov B.A., Shmakov A., Sukhikh A., Trebushinin A., Boldyreva E.V., Rakshun I., Gromilov S., Rashchenko S., Tsybulya S., Zubavichus Ya., Larichev Yu., Vinokurov Z. The design of «structural diagnostics» beamline for SRF «SKIF» // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 13-14.**
- 383 **Vinokurov Z., Sukhikh A., Shmakov A., Trebushinin A., Zakharov B.A., Boldyreva E.V., Rakshun I., Gromilov S., Rashchenko S., Tsybulya S., Zubavichus Ya., Larichev Yu. Optical design of the «structural diagnostics» beamline for SRF «SKIF» // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 14. - Bibliogr.: 1 ref.**
- 384 **Ten K., Kashkarov A., Tolochko B., Prueel E., Rubtsov I., Shekhtman L., Zhulanov V. Complex dynamic study of ejection of the of particles from shock-loaded tin by SR methods, a PDV laser complex, and optical and piezoelectric sensors // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 14-15. - Bibliogr.: 2 ref.**
- 385 **Vinokurov N., Shevchenko O. Short-period undulators with electrostatic field // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 15.**
- 386 **Matveev A., Davidyuk I., Vinokurov N., Shevchenko O., Volkov V. Simulation and experimental study of beam dynamics in NOVOFEL RF gun and its beamline // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 15-16.**
- 387 **Nikolenko A. Project of the optical scheme for the soft X-ray and VUV beamline at SKIF synchrotron facility // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 16.**
- 388 **Tararyshkin S. Monitoring system of Novosibirsk FEL optical channel state using 1-Wire devices // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 16.**
- 389 **Serednyakov S. Usage of epics channel access protocol in Novosibirsk FEL control system // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 16.**
- 390 **Shmakov A., Legkodymov A., Selyutin A.G., Kuper K., Vinokurov Z. XRD diagnostics of functional materials at SSTRC // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 16.**
- 391 **Shevchenko O., Vinokurov N.A., Arbutov V.S., Chernov K.N., Deichuly O.I., Demytyev E.N., Dovzhenko B.A., Getmanov Ya.V., Gorbachev Ya.I., Knyazev B.A., Kondakov A.A., Kozak V.R., Kozyrev E.V., Krutikhin S.A., Kubarev V.V., Kulipanov G.N., Kuper E.A., Kuptsov I.V., Kurkin G.Ya., Medvedev L.E., Motygin S.V., Ovchar V.K., Osipov V.N., Petrov V.M., Pilan A.M., Popik V.M., Repkov V.V., Salikova T.V., Scheglov M.A., Sedlyarov I.K., Serednyakov S.S., Skrinisky A.N., Tararyshkin S.V., Tribendis A.G., Tcheskidov V.G., Volkov V.N. The Novosibirsk Free Electron Laser Facility // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 17.**
- 392 **Gorbachev Ya., Shevchenko O. The variable period undulator magnetic field measurements and correction of the field errors // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 17.**
- 393 **Getmanov Ya., Matveev A., Vinokurov N., Shevchenko O. Electron outcoupling experiments at the NovofEL facility // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 18.**
- 394 **Veber S., Melnikov A., Fedin M., Scheglov M., Shevchenko O., Tumanov S., Kubarev V., Getmanov Ya. EPR spectroscopy station at the Novosibirsk free electron laser: application of high-power THz radiation in the field of molecular magnetism // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 18. - Bibliogr.: 3 ref.**

- 395 **Salikova T.** Measurements and calculation of induced radioactivity from technological units of the Novosibirsk FEL accelerator-recuperator // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 19.
- 396 **Melnikov A., Fedin M., Kiskin M., Shevchenko O., Veber S., Getmanov Y.** Technical and software improvements of the EPR spectroscopy station at the NovoFEL facility: status 2020 // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 19.
- 397 **Salikova T.** Estimates and measurements of photon and neutron radiation doses of the Novosibirsk FEL micron-recuperator // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 19.
- 398 **Borin V., Matveev A., Vinokurov N., Shevchenko O., Getmanov Ya., Meshkov O.I., Dorokhov V.L., Reshetov D.F.** The NovoFEL optical diagnostics upgrade // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 19-20.
- 399 **Khramova E., Sorokoletov D., Lyakh E., Rakshun I., Chankina O.** SR-XRFA in botanical research: elemental composition of species of the genus *Syringa* (Oleaceae) under technogenic impact in Novosibirsk // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 20.
- 400 **Nazmov V., Varand A., Lubas G., Sharafutdinov M., Kriventsov V.** W-Containing PMMA-based nanocomposite // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 20-21.
- 401 **Nazmov V., Goldenberg B., Reznikova E.** Self-aligned single exposure deep X-ray lithography // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 21. - Bibliogr.: 2 ref.
- 402 **Nazmov V., Goldenberg B., Mikhailenko M.** Direct writing on PbWO₄ monocrystalline using X-rays // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 21-22.
- 403 **Gerasimov V., Knyazev B., Kameshkov O.** THz sensing based on subwavelength grating in attenuated total reflection configuration // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 23.
- 404 **Knyazev B., Nikitin A., Kameshkov O., Gerasimov V., Paveleyev V., Choporova Yu.Yu., Khasanov I.Sh., Krasnopovtsev S.E., Nikitin A.K., Osintseva N.D.** Techniques for generation of annular surface plasmon polaritons with refractive binary and reflective cylindrical diffraction gratings // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 23-24.
- 405 **Tolochko B., Arakcheev A., Ten K., Shekhtman L., Aulchenko V., Zhulanov V.** The use of polychromatic synchrotron radiation to study fast processes in solids. Advantages and challenges // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 24.
- 406 **Legkodymov A., Fedotov A., Stepanova O., Trunova V.** Development of SRXFA method with the hard X-ray range for paleoclimate reconstruction (Region of Lake Baikal) on the storage ring VEPP-4M // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 24.
- 407 **Brodnikov A.F., Vihareva N.** Measuring installation for determining current-voltage characteristics at liquid helium temperature // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 24-25.
- 408 **Semenov A., Anashin V.** A development of compact combined pump for SRF SKIF // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 25.
- 409 **Shekhtman L.** Detectors for fast time-resolved studies at SSTRC, status and future // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 25.
- 410 **Kuper K.** The project «Diagnostics in the High-Energy X-Ray Range» beamline at the Siberian Synchrotron SKIF // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 26.
- 411 **Kriventsov V., Darin F., Sorokoletov D., Rakshun I., Darin A.** Application of complex studies of test samples for the implementation of combined SR methods for the study of microobjects // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 26-27.
- 412 **Mezentsev N.** Superconducting insertion devices constructed by Budker INP // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 27.
- 413 **Reznikova E., Nazmov V., Neustroeva A.** FT-IR investigation of netlike polymerization of SU-8 resist layers during photo- and X-ray lithography processes // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 29.
- 414 **Zhukavin R., Knyazev B., Hübers H.-W., Kovalevsky K., Dessmann N., Zhukavin R., Pavlov S., Shastin V., Tsyplenkov V.V., Choporova Yu.** Relaxation times of donor bound electrons in silicon and germanium // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 29-30.
- 415 **Bragin A., Kubarev V., Shkaruba V., Mezentsev N., Khrushchev S.** Test results of the 7 T superconducting solenoid for THz laser spectroscopy // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 30.
- 416 **Lachynov S., Vinokurov N.** Beam-beam compensation in a collider based on energy recovery LINAC and storage ring // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 30-31.
- 417 **Chesnokov E., Kubarev V., Krasnoperov L.** Magnetic field effect on the free induction decay of hydroxyl radical (OH) in the terahertz region // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 31.
- 418 **Khrushchev S., Saffronov A., Zorin A., Volkov A., Mezentsev N., Kanonik P., Tsukanov V., Shkaruba V., Lev V.** Magnetic measurements in small aperture of indirect cooling wiggler // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 31.
- 419 **Vishnyakov E., Shugarov A., Ivlyushkin D., Zaverkin P., Nikolenko A., Chervinskiy V., Pertsov A., Erkhova N., Kuzin S.** Evaluation of CCD detector absolute responsivity with the AID of synchrotron radiation // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 31-32.
- 420 **Legkodymov A.** Features of using of the hard X-rays (60-120 KEV) of synchrotron radiation for determination the trace concentrations of rare-earth and heavy elements by the SRXFA method // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 32.
- 421 **Knyazev B.** Recent experiments in terahertz photonics, plasmonics, and spectroscopy at the Novosibirsk free electron laser facility // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 33.

- 422 **Kameshkov O., Knyazev B., Gerasimov V.** Numerical simulation of the interaction of terahertz waves with diffraction metal gratings and conditions for the generation of surface plasmons // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 34.
- 423 **Goldenberg B., Sklyarov A., Rakshun I., Bugaev S.** First experiments on new synchrotron radiation technological station on the VEPP-4M // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 34.
- 424 **Korotaev E., Syrovashin M., Filatova I., Trubina S., Nikolenko A., Ivlyushkin D., Zaverkin P., Kriventsov V.** The conduction band of the lanthanide doped chromium disulfides $\text{CuCr}_{0.99}\text{Ln}_{0.01}\text{S}_2$ (Ln=La, Ce, Gd): XANES investigations // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 34-35. - Bibliogr.: 4 ref.
- 425 **Shekhtman L.** Status of the development of the silicon microstrip detector for ultra-fast dynamic studies // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 35.
- 426 **Shkaruba V., Saifonov A., Erokhin A., Bragin A., Zorin A., Volkov A., Mezentsev N., Tarasenko O., Kanonik P., Khrushchev S., Tsukanov V., Lev V.** Superconducting 3 Tesla 54-pole indirect cooling wigglers with a period of 48 mm for Kurchatov synchrotron radiation source // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 36.
- 427 **Darin A., Chu G., Sun Q., Novikov V., Darin F., Sorokoletov D., Rakshun I., Gogin A., Senin R.** Analysis of the individual annual layers elemental composition in the lake Kucherlinskoe (Altai) varves sediments with submicron spatial resolution by scanning micro-XRF-SR with X-ray optics (poly capillary lenses) // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 36-37.
- 428 **Trebushinin A., Serkez S., Veremchuk M., Rakshun I., Geloni G.** A step-wise tapered undulator for the quick-EXAFS beamline at the Siberian circular photon source // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 38.
- 429 **Trebushinin A., Serkez S., Veremchuk M., Geloni G.** Method for polarization shaping at Free-Electron Lasers // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 38.
- 430 **Kanonik P., Khrushchev S., Bragin A., Erokhin A., Mezentsev N., Tarasenko O., Tsukanov V., Volkov A., Zorin A., Shkaruba V.** Superconducting elliptical undulator // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 39.
- 431 **Kanonik P., Shkaruba V., Bragin A., Erokhin A., Khrushchev S., Tarasenko O., Volkov A., Zorin A., Mezentsev N.** Superconducting undulator with a variable configuration of the magnetic field // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 40.
- 432 **Zolotarev K.** Synchrotron radiation application in the BINP // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 40.
- 433 **Kazantsev F., Zorin A., Volkov A., Mezentsev N., Kanonik P., Tsukanov V., Shkaruba V.** Pulsed wire field measurements of 38-period superconducting undulator prototype // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 40.
- 434 **Darin A., Darin F., Sorokoletov D., Rakshun I.** The study of the aerosol impurities seasonal accumulation in a snow cover by scanning $\mu\text{XRF-SR}$ // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 41-42.
- 435 **Darin F., Kriventsov V., Sorokoletov D., Rakshun I., Darin A.** Search for and analysis of composition and structure of submicron-size particles in geological samples // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 42.
- 436 **Balash I., Arakcheev A., Shmakov A., Tolochko B., Sharafutdinov M.** Measurement of the residual stresses dynamics in tungsten during heating // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 42.
- 437 **Nguyen T., Tolochko B., Sharafutdinov M., Mikhailenko M., Gerasimov K.B.** Studying the effects of electron beam irradiation on thermal properties and particle size distribution of magnesium hydroxide // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 46-47.
- 438 **Kukotenko V., Choporova Yu., Dessmann D., Knyazev B., Zhukavin R., Kovalevsky K., Shastin V., Osintseva N.** Single-color pump-probe setup at the NovoFEL facility for measuring the temporal dynamics of relaxation in Ge:As // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 47.
- 439 **Генцелев А.Н., Кузнецов С.А., Дульцев Ф.Н.** Цельнометаллические микроструктурные элементы управления терагерцовым излучением // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - C. 47-48.
- 440 **Генцелев А.Н., Дульцев Ф.Н.** Способ изготовления LIGA-шаблонов на основе танталовой фольги // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - C. 48.
- 441 **Vinokurov N.** Theory of multibunch storage ring with transverse feedback // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 48.
- 442 **Shekhtman L.** Development of silicon microstrip detector with integrating readout for time-resolved studies in microsecond scale // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 49.
- 443 **Arakcheev A., Shmakov A., Shekhtman L., Vyacheslavov L., Vasilyev A., Kasatov A., Kandaurov I., Sharafutdinov M., Vaigel L.A., Balash I., Kazantsev S., Tolochko B.** Status of the studies of thermal stresses and deformations in materials caused by pulsed heat loads in BINP // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 50-51.
- 444 **Baturina N., Sorokoletov D., Darin F., Rakshun I.** Determination the pattern of spreading and accumulation of essential and trace elements at the benthic samples by using scanning micro-XRF-SR // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 52-53.
- 445 **Khasanov I., Gerasimov V., Nikitin A., Knyazev B., Zykova L.** Enhancing resolution of terahertz surface plasmon resonance microscopy by ghost imaging using FEL radiation // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 54.
- 446 **Valeev R., Kriventsov V., Alalykin A.S., Beltukov A.** Ni nanocoatings on porous alumina: structural properties vs matrices porosity // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 54-55. - Bibliogr.: 3 ref.
- 447 **Sorokoletov D., Darin F.** The nongaussian behaviour of the spread function of the X-ray polycapillary lens: characteristic cases and new nonstandard approximation models // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 55-56. - Bibliogr.: 2 ref.

- 448 **Utkin A., Gurov D., Zolotarev K.** Electromagnetic undulator with switchable period for soft X-ray application in the SKIF project // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 57.
- 449 **Zolotarev K., Legkodymov A.** The code for processing of the SRXRF spectra // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 58.
- 450 **Lemzyakov A., Kuper K., Porosev V., Azarov I., Shklyayev A.** The modification of optical properties of the surfaces by the glancing angle deposition of TiO₂ // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 59.
- 451 **Tsukanov V., Khrushchev S., Mezentsev N., Safronov A., Shkaruba V.** Development of indirect cooling cryogenic system with nitrogen and helium heat pipes for superconducting insertion devices in BINP // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 59-60.
- 452 **Kuper K., Ancharov A., Sharafutdinov M., Legkodymov A.** In situ XRD analysis with the time-resolution (0.4 ms) of stainless steel in during selective laser melting // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 60.
- 453 **Rashchenko S., Baranov G., Skamarokha M.A., Zubavichus Ya., Rakshun I.** Generation and use of coherent X-ray beams at future SKIF storage ring // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 60-61. - Bibliogr.: 1 ref.
- 454 **Fedorenko A., Nikolenko A., Ivlyushkin D., Zavertkin P., Semushkina G., Lavrukina S., Fomenko Ya., Petrov P.** Experimental and theoretical X-ray spectroscopic study of electronic structure of sulfur-contained transition metal complexes // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 61.
- 455 **Berdyugin A., Tolochko B., Nazmov V., Kosov A.** Focusing system of synchrotron radiation with refractive mosaic lenses for the station "extreme state of matter" of the VEPP-4 // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 62-63. - Bibliogr.: 7 ref.
- 456 **Kriventsov V., Seregin A., Darin A., Sorokoletov D., Darin F., Rakshun I., Senin R.** Application of XAFS spectroscopy for study of microparticles of Sikhote-Alin meteorite // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 63.
- 457 **Kazantsev S., Arakcheev A., Shekhtman L., Vaigel L.A., Tolochko B.** Current status of the studies of X-ray diffraction on tungsten during pulsed heat loads at the scattering station «plasma» at the VEPP-4 source of synchrotron radiation // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 66.
- 458 **Sorokoletov D., Chernetskaja M., Rakshun I., Gogin A., Darin F., Senin R.** An attempt of the quantitative analysis of cyclical constituents in structure of scanning microfluorescence signals from human hairs // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 67-68. - Bibliogr.: 3 ref.
- 459 **Sorokoletov D., Rakshun I., Darin F.** A range of intuitive discretization schemes to accelerate algorithms for solving deconvolution problems without loss of accuracy // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 68-69. - Bibliogr.: 2 ref.
- 460 **Sorokoletov D., Rakshun I., Darin F., Kriventsov V.** Regularization approach for specific adverse events in processing elemental maps obtained using Micro-XRF // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 69. - Bibliogr.: 5 ref.
- 461 **Nikolenko A., Syrokvashin M., Fedorenko A., Ivlyushkin D., Korotaev E., Syrokvashin M., Zavertkin P.** The first results of measuring XAFS spectra in the soft X-ray range at KOSMOS station // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 69-70.
- 462 **Krasnov A.** Conception of vacuum system for SRS «SKIF» // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 71.
- 463 **Tolochko B., Shekhtman L., Zhogin I.** Experimental implementation of X-ray powder diffraction by polychromatic synchrotron radiation in the range of 20-30 KEV // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 75-76.
- 464 **Lyubas G.A., Tolochko B., Mikhailenko M., Ancharov A.** Dependence of the spectral and luminescent properties of polymethyl methacrylate on its molecular weight // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 77.
- 465 **Rubtsov I., Tolochko B., Prueel E., Ten K., Shekhtman L., Piminov P., Aulchenko V., Zhulanov V.** Discovery of the scale effect of the dependence of the mass of solid detonation products on the mass of explosives in "IN SITU" explosive experiments on synchrotron beams VEPP-4 // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 79-80. - Bibliogr.: 3 ref.
- 466 **Reznikova E., Neustroeva A., Sevostyanov G.Yu., Venediktova I.A., Nazmov V., Shlegel V.** Transmission hard X-ray interferometer-microscope (15-35 KEV) at VEPP-4 storage ring facility as a project // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 83-84.
- 467 **Nazmov V., Legkodymov A., Zhmodik S.M., Kulipanov G., Pokhilenko N. P.** μ -XRF for thick specimens // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 84.
- 468 **Pavelyev V.S., Tukmakov K.N., Knyazev B.A., Choporova Yu.Yu., Osintseva N.D.** Multichannel THz telecommunication based on mode division multiplexing (MDM) approach // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 87. - Bibliogr.: 3 ref.
- 469 **Rubtsov I.A., Ten K.A., Prueel E.R., Kashkarov A.O., Arakcheev A.S., Tolochko B.P., Ancharov A.I., Zubavichus Ya., Rakshun Ya.V., Zolotarev K.V., Mezentsev N.A., Shkaruba V.A., Trebushinin A.E., Khomyakov Yu.V., Shekhtman L.I., Zhulanov V.V., Aulchenko V.M.** Conceptual design of the "fast processes" beamline at the SRF SKIF 4th generation synchrotron // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020), 13-16 July 2020, Budker INP, Novosibirsk : book of abstracts. - Novosibirsk : BINP SB RAS, 2020. - P. 87-88. - Bibliogr.: 1 ref.
- 470 **Vinokurov N.A.** Status of Novosibirsk ERL [Электронный ресурс] // ERL 2019 : 63rd ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop on Energy Recovery Linacs, Helmholtz-Zentrum, Berlin, Germany, 15-20 September 2019. - Geneva : JACoW, 2020. - P. 5-7. - Bibliogr.: 3 ref. - DOI 10.18429/JACoW-ERL2019-MOCOXBS03.
- 471 **Volkov V.N., Arbutov V., Kenzhebulatov E., Kolobanov E., Kondakov A., Kozyrev E., Krutikhin S., Kuptsov I., Kurkin G., Motygin S., Murasev A., Ovchar V., Petrov V.M., Pilan A., Repkov V., Scheglov M., Sedlyarov I., Serednyakov S., Shevchenko O., Tararyshkin S., Tribendis A., Vinokurov N.** Bench Test Results of CW 100 mA Electron RF Gun for Novosibirsk ERL based FEL [Электронный ресурс] // ERL 2019 : 63rd ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop on Energy Recovery Linacs, Helmholtz-Zentrum, Berlin, Germany, 15-20 September 2019. - Geneva : JACoW, 2020. - P. 65-69. - Bibliogr.: 6 ref. - DOI 10.18429/JACoW-ERL2019-WECOXBS03.
- 472 **Getmanov Y.V., Shevchenko O.A., Vinokurov N.A., Matveev A.S.** Electron Outcoupling System of Novosibirsk Free Electron Laser Facility - Beam Dynamics Calculation and the First Experiments [Электронный ресурс] // ERL 2019 : 63rd ICFA Advanced Beam Dynamics

- Workshop on Energy Recovery Linacs, Helmholtz-Zentrum, Berlin, Germany, 15-20 September 2019. - Geneva : JACoW, 2020. - P. 98-102. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.18429/JACoW-ERL2019-WEPNEC16.
- 473 **Maltseva Yu.I., Prisekin V.G., Frolov A.R.** Beam Loss Measurements Using the Cherenkov Effect in Optical Fiber for the BINP e^-e^+ Injection Complex [Электронный ресурс] // IBIC 2019 : 8th International Beam Instrumentation Conference, Malmö, Sweden, 8-12 September 2019. - Geneva : JACoW, 2020. - P. 233-237. - Bibliogr.: 14 ref. - DOI 10.18429/JACoW-IBIC2019-TUAO03.
- 474 **Litasov K.D., Bekker T.B., Sagatov N.E., Gavryushkin P.N., Krinitsyn P.G., Kuper K.E. (Fe,Ni)₂P allabogdanite can be an ambient pressure phase in iron meteorites** // Scientific Reports. - 2020. - Vol. 10, Is. 1. - Art.nr 8956. - Bibliogr.: 45 ref. - DOI 10.1038/s41598-020-66039-0.
- 475 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Global baryon number conservation encoded in net-proton fluctuations measured in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=2.76$ TeV // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 807. - Art.nr 135564. - Bibliogr.: 47 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135564.
- 476 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Multiplicity dependence of $K^*(892)^0$ and $\phi(1020)$ production in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 807. - Art.nr 135501. - Bibliogr.: 77 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135501.
- 477 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshchev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V.** Measurement of azimuthal anisotropy of muons from charm and bottom hadrons in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=5.02$ TeV with the ATLAS detector // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 807. - Art.nr 135595. - Bibliogr.: 56 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135595.
- 478 **Lotov K.V.** Force exerted on particle bunch propagating near plasma-vacuum boundary // Plasma Physics and Controlled Fusion. - 2020. - Vol. 62, Is. 8. - Art.nr 085002. - Bibliogr.: 15 ref. - DOI 10.1088/1361-6587/ab93a4.
- 479 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Probing the Effects of Strong Electromagnetic Fields with Charge-Dependent Directed Flow in Pb-Pb Collisions at the LHC // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 125, Is. 2. - Art.nr 022301. - Bibliogr.: 62 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.022301.
- 480 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Y production in p–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=8.16$ TeV // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 806. - Art.nr 135486. - Bibliogr.: 52 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135486.
- 481 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Evidence of Spin-Orbital Angular Momentum Interactions in Relativistic Heavy-Ion Collisions // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 125, Is. 1. - Art.nr 012301. - Bibliogr.: 45 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.012301.
- 482 **Zavjalov A., Zaboronok A., Kanygin V., Kasatova A., Kichigin A., Mukhamadiyarov R., Razumov I., Sycheva T., Mathis B.J., Mathis B.J., Maezono S.E.B., Matsumura A., Taskaev S.** Accelerator-based boron neutron capture therapy for malignant glioma: a pilot neutron irradiation study using boron phenylalanine, sodium borocaptate and liposomal borocaptate with a heterotopic U87 glioblastoma model in SCID mice // International Journal of Radiation Biology. - 2020. - Vol. 96, Is. 7. - P. 868-878. - Bibliogr.: 42 ref. - DOI 10.1080/09553002.2020.1761039.
- 483 **Achasov, M. N. Muchnoi N.Yu.** C.M.S. energy calibration in BES-III and VEPP-2000 experiments // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 7. Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C07005. - Bibliogr.: 28 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/07/C07005.
- 484 **Teryaev V.E., Shchelkunov S.V., Hirshfield J.L.** Innovative Two-Stage Multibeam Klystron: Concept and Modeling // IEEE Transactions on Electron Devices. - 2020. - Vol. 67, Is. 7. - Art.nr 9093121. - P. 2896-2899. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1109/TED.2020.2991681.
- 485 **Sen A., Silagadze Z.** Ermakov-Lewis Invariant in Koopman-von Neumann Mechanics // International Journal of Theoretical Physics. - 2020. - Vol. 59, Is. 7. - P. 2187-2190. - Bibliogr.: 10 ref. - DOI 10.1007/s10773-020-04492-3.
- 486 **Anashin V.V., Aulchenko V.M., Baldin E.M., Barladyan A.K., Barnyakov A.Y., Barnyakov M.Y., Baru S.E., Bedny I.V., Blinov A.E., Blinov V.E., Bobrov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogomyagkov A.V., Bondar A.E., Bondarev D.V., Buzykaev A.R., Eidelman S.I., Glukhovchenko Y.M., Gulevich V.V., Gusev D.V., Karnev S.E., Karpov G.V., Karpov S.V., Kharlamova T.A., Kiselev V.A., Kononov S.A., Kotov K.Y., Kravchenko E.A., Kulikov V.F., Kurkin G.Y., Kuper E.A., Levichev E.B., Maksimov D.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Medvedko A.S., Meshkov O.I., Mishnev S.I., Morozov I.I., Muchnoi N.Y., Neufeld V.V., Nikitin S.A., Nikolaev I.B., Okunev I.N., Onuchin A.P., Oreshkin S.B., Orlov I.O., Osipov A.A., Peleganchuk S.V., Pivovarov S.G., Piminov P.A., Petrov V.V., Poluektov A.O., Popkov I.N., Prisekin V.G., Rezanova O.L., Ruban A.A., Sandryev V.K., Savinov G.A., Shamov A.G., Shatilov D.N., Shwartz B.A., Simonov E.A., Sinyatkin S.V., Skovpen Y.I., Skirinsky A.N., Smaluk V.V., Sokolov A.V., Sukharev A.M., Starostina E.V., Talyshchev A.A., Tayursky V.A., Telnov V.I., Tikhonov Y.A., Todyshev K.Y., Tumaikin G.M., Usov Y.V., Vorobiov A.I., Yushkov A.N., Zhilich V.N., Zhulanov V.V., Zhuravlev A.N.** Addendum to: Measurement of $F_{ee}(J/\psi)$ with KEDR detector // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 7. - Art.nr 112. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1007/JHEP07(2020)112.
- 487 **Kolesnikov Ya.A., Koshkarev A.M., Taskaev S.Yu., Shchudlo I.M.** Diagnostics of the Efficiency of a Gas Stripping Target of a Tandem Accelerator with Vacuum Insulation // Instruments and Experimental Techniques. - 2020. - Vol. 63, Is. 3. - P. 310-314. - Bibliogr.: 13 ref. - DOI 10.1134/S0020441220040065.
- 488 **Gubin K.V., Maltseva Yu.I., Ottmar A.V., Rybitskaya T.V.** A Spectrometer for Measuring the Characteristics of a Single Laser-Accelerated Electron Bunch with a Small Charge // Instruments and Experimental Techniques. - 2020. - Vol. 63, Is. 3. - P. 325-333. - Bibliogr.: 18 ref. - DOI 10.1134/S0020441220040053.
- 489 **Korotaev E.V., Syrovkashin M.M., Filatova I.Yu., Trubina S.V., Nikolenko A.D., Ivlyushkin D.V., Zavertkin P.S., Sotnikov A.V., Krivtsov V.V.** XANES investigation of novel lanthanide-doped $\text{CuCr}_0.99\text{Ln}_{0.01}\text{S}_2$ (Ln = La, Ce) solid solutions // Applied Physics A. - 2020. - Vol. 126, Is. 7. - Art.nr 537. - Bibliogr.: 29 ref. - DOI 10.1007/s00339-020-03715-y.
- 490 **Aaij R., Collab. LHCb, Bobrov A., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V.** Erratum to: Updated measurement of time-dependent CP-violating observables in $B^0_s \rightarrow J/\psi K^+ K^-$ decays // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 7. - P.601. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-7875-0.
- 491 **Sirunyan A.M., Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y., Collab. CMS** The production of isolated photons in PbPb and pp collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 7. - Art.nr JHEP07(2020)116. - Bibliogr.: 44 ref. - DOI 10.1007/JHEP07(2020)116.
- 492 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshchev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.V.** Measurement of the transverse momentum distribution of Drell–Yan lepton pairs in proton–proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 7. - Art.nr 616. - Bibliogr.: 95 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-8001-z.
- 493 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshchev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.** Search for the $HH \rightarrow bb^*bb^*$ process via vector -boson fusion production using proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 7. - Art.nr 108. - Bibliogr.: 73 ref. - DOI 10.1007/JHEP07(2020)108.
- 494 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshchev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.** Measurements of the production cross-section for a Z boson in association with b-jets in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 7. - Art.nr JHEP07(2020)044. - Bibliogr.: 106 ref. - DOI 10.1007/JHEP07(2020)044.

- 495 **Krachkov P.A., Di Piazza A., Milstein A.I.** High-energy bremsstrahlung on atoms in a laser field // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1508: 28th annual International Laser Physics Workshop, LPHYS'19, 8-12 July 2019, Gyeongju, South Korea, **Is. 1**. - Art.nr 012010. - Bibliogr.: 22 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1508/1/012010.
- 496 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B.** Determination of Strong-Phase Parameters in $D \rightarrow K^0 S, L\pi^+\pi^-$ // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, **Is. 24**. - Art.nr 241802. - Bibliogr.: 36 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.241802.
- 497 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B.** Study of Open-Charm Decays and Radiative Transitions of the $X(3872)$ // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, **Is. 24**. - Art.nr 242001. - Bibliogr.: 32 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.242001.
- 498 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B.** Measurements of Absolute Branching Fractions of Fourteen Exclusive Hadronic D Decays to η // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, **Is. 24**. - Art.nr 241803. - Bibliogr.: 53 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.241803.
- 499 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B.** First Observation of $D^+ \rightarrow \eta\mu^+\nu\mu$ and Measurement of Its Decay Dynamics // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, **Is. 23**. - Art.nr 231801. - Bibliogr.: 61 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.231801.
- 500 **Blinov V.E., Ivakin V.O., Kaminskiy V.V., Kudryavtsev V.N., Muchnoi N.Yu., Nikitin S.A., Nikolaev I.B., Shekhtman L.I., Zakharov S.A.** The triple-GEM detector for the Laser Polarimeter facility at VEPP4-M collider // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1498, **Is. 1**: Micro-Pattern Gaseous Detectors Conference 2019, La Rochelle, France, 5-10 May 2019. - Art.nr 012041. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1498/1/012041.
- 501 **Bondar A., Buzulutskov A., Frolov E., Parkhomchuk V., Petrozhitskiy A., Shakirova T., Sokolov A.** Ion detector for Accelerator Mass Spectrometry based on low-pressure TPC with THGEM readout // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1498, **Is. 1**: Micro-Pattern Gaseous Detectors Conference 2019, La Rochelle, France, 5-10 May 2019. - Art.nr 012027. - Bibliogr.: 12 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1498/1/012027.
- 502 **Fedotov G., Kozyrev A., Kudryavtsev V., Logashenko I., Maltsev T., Ruban A., Shekhtman L., Sokolov A.** Application of micro-pattern gas detectors in the present and future experiments in Budker INP // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1498, **Is. 1**: Micro-Pattern Gaseous Detectors Conference 2019, La Rochelle, France, 5-10 May 2019. - Art.nr 012042. - Bibliogr.: 23 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1498/1/012042.
- 503 **Kudryavtsev V.N., Maltsev T. V., Shekhtman L.I.** Study of GEM-based detectors spatial resolution // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1498, **Is. 1**: Micro-Pattern Gaseous Detectors Conference 2019, La Rochelle, France, 5-10 May 2019. - Art.nr 012005. - Bibliogr.: 16 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1498/1/012005.
- 504 **Maltsev T., Sauli F., Shekhtman L.** Study of discharge properties in cascaded gaseous detectors // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1498, **Is. 1**: Micro-Pattern Gaseous Detectors Conference 2019, La Rochelle, France, 5-10 May 2019. - Art.nr 012033. - Bibliogr.: 3 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1498/1/012033.
- 505 **Nikitin S.** Polarization issues in circular electron-positron super-colliders // International Journal of Modern Physics A. - 2020. - Vol. 35, **Is. 15-16**. - Art.nr 2041001. - Bibliogr.: 25 ref. - DOI 10.1142/S0217751X20410018.
- 506 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V.** Observation of New $\Xi^0 c$ Baryons Decaying to $\Lambda^0 c K^-$ // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, **Is. 22**. - Art.nr 222001. - Bibliogr.: 48 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.222001.
- 507 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamov T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A.** Measurement of the Lund Jet Plane Using Charged Particles in 13 TeV Proton-Proton Collisions with the ATLAS Detector // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 124, **Is. 22**. - Art.nr 222002. - Bibliogr.: 66 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.124.222002.
- 508 **Serednyakov S.I., Beloborodov K.I., Druzhinin V.P.** Study of the kaon electromagnetic form factors in e+e- Annihilation and τ decays // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1526: International Conference on Kaon Physics 2019, 10-13 September 2019, University of Perugia, Italy, **Is. 1**. - Art.nr 012038. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1526/1/012038.
- 509 **Ryzenenkov A.E., Akhmetshin R.R., Amirkhanov A.N., Anisenkov A.V., Aulchenko V.M., Banzarov V.Sh., Bashtovoy N.S., Berkaev D. E., Bondar A.E., Bragin A. V., Eidelman S. I., Epifanov D.A., Epshteyn L.B., Erofeev A.L., Fedotov G. V., Gayazov S. E., Grancagnolo F.J., Grebenuk A.A., Gribov S.S., Grigoriev D.N., Ignatov F.V., Ivanov V. L., Karpov S.V., Kasaev A.S., Kazanin V.F., Koop I.A., Korobov A.A., Kozyrev A.N., Kozyrev E.A., Krokovny P.P., Kuzmenko A.E., Kuzmin A.S., Logashenko I.B., Lukin P. A., Lysenko A.P., Mikhailov K.Yu., Okhapkin V.S., Perevedentsev E.A., Pestov Yu.N., Popov A. S., Razuvaev G.P., Ruban A.A., Ryskulov N. M., Semenov A.V., Shatunov Yu.M., Shebalin V.E., Shemyakin D.N., Shwartz B.A., Shwartz D. B., Sibidanov A.L., Solodov E.P., Timoshenko M.V., Talyshiev A.A., Tolmachev S. S., Vorobiov A.I., Yudin Yu.V.** Overview of the CMD-3 recent results // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1526: International Conference on Kaon Physics 2019, 10-13 September 2019, University of Perugia, Italy, **Is. 1**. - Art.nr 012009. - Bibliogr.: 13 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1526/1/012009.
- 510 **Reznichenko A., Terekhov I.S.** Path integral approach to nondispersive optical fiber communication channel // Entropy. - 2020. - Vol. 22, **Is. 6**. - Art.nr 607. - Bibliogr.: 33 ref. - DOI 10.3390/E22060607.
- 511 **Bondar A., Borisova E., Buzulutskov A., Frolov E., Nosov V., Oleynikov V., Sokolov A.** Observation of primary scintillations in the visible range in liquid argon doped with methane // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, **Is. 6, Pt. Conference proceedings**: The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24-28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C06053. - Bibliogr.: 35 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/06/C06053.
- 512 **Shekhtman L.** New simulations of physics background in Super Charm-tau factory detector with crossed vacuum pipes // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, **Is. 6, Pt. Conference proceedings**: The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24-28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C06005. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/06/C06005.
- 513 **Aulchenko V., Shekhtman L., Zhulanov V.** Development of a silicon microstrip detector prototype for ultra-fast imaging at a synchrotron radiation beam // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, **Is. 6, Pt. Conference proceedings**: The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24-28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C06020. - Bibliogr.: 16 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/06/C06020.
- 514 **Batalov E., Fedotov G., Kozyrev A., Kudryavtsev A., Ruban A., Shekhtman L.** Development of the micro-resistive WELL discs for the CMD-3 tracking system // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, **Is. 6, Pt. Conference proceedings**: The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24-28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C06012. - Bibliogr.: 15 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/06/C06012.
- 515 **Achasov M.N., Bogdanchikov A.G., Druzhinin V.P., Korol A.A., Kovrizhin D.P., Melnikova N.A., Serednyakov S.I., Surin I.K., Tekut'ev A. I., Usov Yu.V., Zhulanov V.V.** Upgrade of the SND electromagnetic calorimeter // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, **Is. 6, Pt. Conference proceedings**: Calorimetry for High Energy Frontier (CHEF2019), Fukuoka, Japan, 25-29 November 2019. - Art.nr C06011. - Bibliogr.: 7 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/06/C06011.
- 516 **Shoshin A., Burdakov A., Ivantsivskiy M., Polosatkin S., Klimenko M., Semenov A., Taskaev S., Kasatov D., Shchudlo I., Makarov A., Davydov N.** Qualification of Boron Carbide Ceramics for Use in ITER Ports // IEEE Transactions on Plasma Science. - 2020. - Vol. 48, **Is. 6**. - P. 1474-1478. - Bibliogr.: 17 ref. - DOI 10.1109/TPS.2019.2937605.
- 517 **Erofeev A.L.** On dynamic aspects of the Proca field screening by a black hole: Can the existence of an arbitrarily small photon mass be observable? // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, **Is. 6**. - Art.nr 495. - Bibliogr.: 25 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-8044-1.
- 518 **Sulyaev Yu.S., Alexandrov E.V., Burdakov A.V., Ivantsivsky M.V., Zemlyanskiy Yu.N., Pischinskiy K.V., Sharafieva S.R., Shiyankov S.V., Noryshev E.A., Porotnikov A.B., Shoshin A.A., Ivanova A.N., Klimenko M.V., Smirnov A.B., Pozhilov A.A., Kirienko I.D.,**

- Modestov V.S. Engineering Calculations and Preparation for Manufacturing of ITER Equatorial Port #11** // IEEE Transactions on Plasma Science. - 2020. - Vol. 48, Is. 6. - P. 1631-1636. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1109/TPS.2020.2985113.
- 519 **Trunev Yu.A., Skovorodin D.I., Burdakov A.V., Popov S.S., Kolesnikov P.A., Danilov V.V., Kurkuchekov V.V., Atlukhanov M.G., Kulenko Ya.V., Arakcheev A.S., Astrelin V.T., Sinitzky S.L., Starostenko A.A., Starostenko D.A., Nikitin O.A., Polotov V.Yu., Lee E.S. Observation of the Dynamics of a Focal Spot Using a Long-Pulse Linear Induction Accelerator** // IEEE Transactions on Plasma Science. - 2020. - Vol. 48, Is. 6. - P. 2125-2131. - Bibliogr.: 28 ref. - DOI 10.1109/TPS.2020.2991841.
- 520 **Listopad A., Alexandrov E., Burdakov A., Gorbovsky A., Zaitsev E., Ivantsivskiy M., Manaenkova Y., Seleznev P., Shiyankov S., Shoshin A., Buslakov I.V., Kirienko I., Loginov I., Lobachev A., Modestov V., Shagniev O.B. Preliminary Design of DSMs for ITER Upper Ports #02 and #08 Integration** // IEEE Transactions on Plasma Science. - 2020. - Vol. 48, Is. 6. - P. 1721-1725. - Bibliogr.: 10 ref. - DOI 10.1109/TPS.2020.2985401.
- 521 **Yan J., Hao H., Huang S., Li J., Litvinenko V.N., Liu P., Mikhailov S.F., Popov V.G., Swift G., Vinokurov N.A., Wu Y.K. Polarization control of a free-electron laser oscillator using helical undulators of opposite helicities** // Physical Review Accelerators and Beams. - 2020. - Vol. 23, Is. 6. - Art.nr 060702. - Bibliogr.: 52 ref. - DOI 10.1103/PhysRevAccelBeams.23.060702.
- 522 **Gauzshtein V.V., Darwish E.M., Kuzin M.Ya., Levchuk M.I., Loginov A.Yu., Nikolenko D.M., Rachek I.A., Sadykov R.Sh., Shestakov Yu.V., Toporkov D.K., Vasilishin B.I., Zevakov S.A., Bogomyagkov A.V., Zhuravlev A.N., Karnaev S.E., Kiselev V.A., Levichev E.B., Meshkov O.I., Mishnev S.I., Okunev I.N., Piminov P.A., Simonov E.A., Sinyatkin S.V., Starostina E.V. Measurement of the tensor analyzing power T20 for the reaction $\gamma d \rightarrow d\pi^0$** // European Physical Journal A. - 2020. - Vol. 56, Is. 6. - Art.nr 169. - Bibliogr.: 49 ref. - DOI 10.1140/epja/s10050-020-00175-z.
- 523 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Measurement of the Born cross sections for $e^+e^- \rightarrow D^*sD_s(2460)^+ + c.c.$ and $e^+e^- \rightarrow D^{*+}sD_s(2460)^- + c.c.$** // Physical Review D. - 2020. - Vol. 101, Is. 11. - Art.nr 112008. - Bibliogr.: 44 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.112008.
- 524 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Search for the decay $J/\psi \rightarrow \gamma^*$ invisible** // Physical Review D. - 2020. - Vol. 101, Is. 11. - Art.nr 112005. - Bibliogr.: 36 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.112005.
- 525 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of the $\Lambda^0_b \rightarrow J/\psi \Lambda$ angular distribution and the Λ^0_b polarisation in pp collisions** // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 6. - Art.nr 110. - Bibliogr.: 63 ref. - DOI 10.1007/JHEP06(2020)110.
- 526 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Search for the lepton flavour violating decay $B^+ \rightarrow K^+ \mu^+ \tau^+$ using $B^* \rightarrow s_2$ decays** // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 6. - Art.nr 129. - Bibliogr.: 37 ref. - DOI 10.1007/JHEP06(2020)129.
- 527 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of CP observables in $B_{\pm} \rightarrow DK_{\pm}$ and $B_{\pm} \rightarrow D\pi_{\pm}$ with $D \rightarrow K^0 SK_{\pm\pi^{\mp}}$ decays** // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 6. - Art.nr 058. - Bibliogr.: 32 ref. - DOI 10.1007/JHEP06(2020)058.
- 528 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Observation of a new baryon state in the $\Lambda^0_b \pi^+ \pi^-$ mass spectrum** // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 6. - Art.nr 136. - Bibliogr.: 62 ref. - DOI 10.1007/JHEP06(2020)136.
- 529 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Non-linear flow modes of identified particles in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV** // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 6. - Art.nr 147. - Bibliogr.: 87 ref. - DOI 10.1007/JHEP06(2020)147.
- 530 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Measurement of the top quark forward-backward production asymmetry and the anomalous chromoelectric and chromomagnetic moments in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV** // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 6. - Art.nr 146. - Bibliogr.: 92 ref. - DOI 10.1007/JHEP06(2020)146.
- 531 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Measurement of the $t\bar{t}$ production cross-section and lepton differential distributions in $e\mu$ dilepton events from pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector** // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 6. - Art.nr 528. - Bibliogr.: 110 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-7907-9.
- 532 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Measurement of the cross section for electroweak production of a Z boson, a photon and two jets in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV and constraints on anomalous quartic couplings** // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 6. - Art.nr 076. - Bibliogr.: 50 ref. - DOI 10.1007/JHEP06(2020)076.
- 533 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Yu. Determination of the strong coupling constant $\alpha_S(m_Z)$ from measurements of inclusive W_{\pm} and Z boson production cross sections in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ and 8 TeV** // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 6. - Art.nr 018. - Bibliogr.: 43 ref. - DOI 10.1007/JHEP06(2020)018.
- 534 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Search for squarks and gluinos in final states with same-sign leptons and jets using 139 fb^{-1} of data collected with the ATLAS detector** // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 6. - Art.nr 046. - Bibliogr.: 92 ref. - DOI 10.1007/JHEP06(2020)046.
- 535 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Erratum to: Search for diboson resonances in hadronic final states in 139 fb^{-1} of pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector** // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 6. - Art.nr 042. - Bibliogr.: 2 ref. - DOI 10.1007/JHEP06(2020)042.
- 536 **Kim H.W., Baek I.H., Shin J., Park S., Bark H.S., Oang K.Y., Jang K.-H., Lee K., Vinokurov N., Jeong Y. Method for developing a sub-10 fs ultrafast electron diffraction technology** // Structural Dynamics-US. - 2020. - Vol. 7, Is. 3. - Art.nr 034301. - Bibliogr.: 43 ref. - DOI 10.1063/1.51400012.
- 537 **Antonova L.V., Mironov A.V., Yuzhalin A.E., Krivkina E.O., Shabaev A.R., Rezvova M.A., Tkachenko V.O., Khanova M.Yu., Sergeeva T.Yu., Krutitskiy S.S., Barbarash L.S. A brief report on an implantation of small-caliber biodegradable vascular grafts in a carotid artery of the sheep** // Pharmaceuticals. - 2020. - Vol. 13, Is. 5. - Art.nr 101. - Bibliogr.: 23 ref. - DOI 10.3390/ph13050101.
- 538 **Borin V.M., Dorokhov V.L., Meshkov O.I., Chao M.X. Measurement of the VEPP-4M Collider Energy Spread in the Entire Energy Range** // Physics of Particles and Nuclei Letters. - 2020. - Vol. 17, Is. 3. - P. 332-342. - Bibliogr.: 22 ref. - DOI 10.1134/S1547477120030036.
- 539 **Gerasimov V.V., Hafizov R.R., Kuznetsov S.A., Lazorskiy P.A. Exploiting localized surface plasmon resonances in subwavelength spiral disks for THz thin film sensing** // Applied Sciences-Basel. - 2020. - Vol. 10, Is. 10. - Art.nr 3595. - Bibliogr.: 30 ref. - DOI 10.3390/app10103595.
- 540 **Bezuglov V.V., Bryazgin A.A., Vlasov A.Yu., Voronin L.A., Korobeinikov M.V., Maksimov S.A., Melekhova R.V., Nekhaev V.E., Pak A.V., Radchenko V.M., Sidorov A.V., Tkachenko V.O., Faktorovich B.L., Shtarklev E.A. Turning of Nonmonochromatic Electron Beams by Magnetic Mirrors** // Instruments and Experimental Techniques. - 2020. - Vol. 63, Is. 2. - P. 221-226. - Bibliogr.: 6 ref. - DOI 10.1134/S0020441220010182.
- 541 **Batrakov A.M., Vasilev M.Yu., Kotov E.S., Shtro K.S. A Precision High Voltage Pulse Divider** // Instruments and Experimental Techniques. - 2020. - Vol. 63, Is. 2. - P. 188-198. - Bibliogr.: 22 ref. - DOI 10.1134/S0020441220020074.
- 542 **Gauzshtein V.V., Levchuk M.I., Loginov A.Yu., Nikolenko D.M., Rachek I.A., Sadykov R.Sh., Shestakov Yu.V., Toporkov D.K., Tryasuchev V.A., Vasilishin B.I., Zevakov S.A., Bogomyagkov A.V., Zhuravlev A.N., Karnaev S.E., Kiselev V.A., Levichev E.B., Meshkov O.I., Mishnev S.I., Okunev I.N., Piminov P.A., Simonov E.A., Sinyatkin S.V., Starostina E.V. Measurements of the tensor**

- analyzing power T_{20} of the reaction $\gamma d \rightarrow d\pi^0$ // International Journal of Modern Physics E. - 2020. - Vol. 29, Is. 3. - Art.nr 2050011. - Bibliogr.: 19 ref. - DOI 10.1142/S0218301320500111.
- 543 Kou E., Collab. Belle II, Eidelman S., Epifanov D., Gabyshev N., Garmash A., Gribov S., Korobov A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Remnev M., Shwartz B., Usov Y., Vinokurova A., Zhulanov V. Erratum: The Belle II Physics Book // Progress of Theoretical and Experimental Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 2. - Art.nr 029201. - Bibliogr.: 1 ref. - DOI 10.1093/ptep/ptaa008.
- 544 Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Erratum to: Study of Υ production in pPb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 8.16$ TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 2. - Art.nr 93. - Bibliogr.: 1 ref. - DOI 10.1007/JHEP02(2020)093.
- 545 Karpov G.V., Bekhtenev E.A., Zhuravlev A.N., Piminov P.A. A New System for Measuring the Beam Position in the Electron-Positron Transport Channel from the VEPP-3 Storage Ring of the VEPP-4M Collider // Instruments and Experimental Techniques. - 2020. - Vol. 63, Is. 1. - P. 13-18. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1134/S0020441219060186.
- 546 Sumbaev A.P., Barnyakov A.M., Levichev A.E. Analysis of the Current Loading of an Accelerating Field Beam From a Lue-200 Accelerator // Russian Physics Journal. - 2020. - Vol. 63, Is. 3. - P. 516-521. - Bibliogr.: 6 ref. - DOI 10.1007/s11182-020-02064-w.
- 547 Politko M.O., Prokaeva A.I., Pashkovskaya O.A., Kuper K.E., Zheravin A.A., Kliver E.E., Tsidulko A.Y., Aidagulova S.V., Grigorieva E.V. Single X-ray irradiation modulates proteoglycan expression in brain tissue: investigation using mouse model // Molecular Biology Reports. - 2020. - Vol. 47. - P. 5657-5663. - Bibliogr.: 24 ref. - DOI 10.1007/s11033-020-05578-1.
- 548 Lukin P. A., Akhmetshin R.R., Amirkhanov A.N., Anisnikov A.V., Aulchenko V.M., Banzarov V.Sh., Bashtovoy N.S., Berkaev D. E., Bondar A.E., Bragin A. V., Eidelman S. I., Epifanov D.A., Epshtein L.B., Erofeev A.L., Fedotov V. G., Gayazov S. E., Grebenuk A.A., Gribov S.S., Grigoriev D.N., Ignatov F.V., Ivanov V. L., Karpov S.V., Kazanin V.F., Koop I.A., Kirpotin A.N., Korobov A.A., Kozyrev A.N., Kozyrev E.A., Krokovny P.P., Kuzmenko A.E., Kuzmin A.S., Logashenko I.B., Mikhailov K.Yu., Okhapkin V.S., Otboev A.V., Pestov Yu.N., Popov A. S., Razuvaev G.P., Rogovsky Yu. A., Ruban A.A., Ryskulov N. M., Ryzhenkov A.E., Semenov A.V., Senchenko A.I., Shatunov P.Yu., Shatunov Yu.M., Shebalin V.E., Shemyakin D.N., Shwartz B.A., Shwartz D. B., Sibidanov A.L., Solodov E.P., Talyshev A.A., Titov V.M., Vorobiov A.I., Yudin Yu.V., Zemlyansky I.M. Recent results from the CMD-3 detector // Nuclear and Particle Physics Proceedings. - 2020. - Vol. 309-311. - P. 99-102. - Bibliogr.: 12 ref. - DOI 10.1016/j.nuclphysbps.2019.11.017.
- 549 Krasny M.W., Petrenko A., Placzek W. High-luminosity Large Hadron Collider with laser-cooled isoscalar ion beams // Progress in Particle and Nuclear Physics. - 2020. - Vol. 114. - Art.nr 103792. - Bibliogr.: 112 ref. - DOI 10.1016/j.pnpnp.2020.103792.
- 550 Brambilla N., Eidelman S., Hanhart C., Nefediev A., Shen C.-P., Thomas C.E., Vairo A., Yuan C.Z. The XYZ states: Experimental and theoretical status and perspectives // Physics Reports. - 2020. - Vol. 873. - P. 1-154. - Bibliogr.: 988 ref. - DOI 10.1016/j.physrep.2020.05.001.
- 551 Budker D., Crespo Lopez - Urrutia J.R., Derevianko A., Flambaum V.V., Krasny M.W., Petrenko A., Pustelny S., Surzhykov A., Yerokhin V.A., Zolotarev M. Atomic Physics Studies at the Gamma Factory at CERN // Annalen der Physik. - 2020. - Vol. 532, Is. 8. - Art.nr 2000204. - Bibliogr.: 107 ref. - DOI 10.1002/andp.202000204.
- 552 Adlarson P., Collab. WASA-at-COSY, Bondar A., Kuzmin A., Shwartz B. Corrigendum to "Isoscalar single-pion production in the region of Roper and $d(2380)$ resonances" [Phys. Lett. B 774 (2017) 599] // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 806. - Art.nr 135555. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135555.
- 553 Aaij R., Collab. LHCb, Bobrov A., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L. Erratum to: Measurement of $\psi(2S)$ meson production in pp collisions at $\sqrt{s}=7$ TeV // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 1. - Art.nr 49. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-019-7486-9.
- 554 Zemlyakova E.O., Samokhin A.G., Korel A.V., Tkachenko V.O., Nesterov D.V., Filatova S.B., Pakhomov I.A., Pavlov V.V., Larionov P.M., Pestov A.V. Preparation and cytotoxicity evaluation of hydrogels based on poly(trimethylene carbonate) and carboxyalkyl chitosans for regenerative medicine applications // Materials Today: Proceedings. - 2020. - Vol. 25, Pt. 3 : III All-Russian Conference (with International Participation) Hot Topics of Solid State Chemistry : From New Ideas to New Materials, Novosibirsk, 1-5 October 2019. - P. 470-473. - Bibliogr.: 10 ref. - DOI 10.1016/j.matpr.2019.12.182.
- 555 Михайленко М.А., Шарафутдинов М.Р., Ельцов И.В., Тренихин М.В., Толочко Б.П. Исследование комплексообразования калий висмут цитрата с полисахаридами // Сибирский физический журнал. - 2020. - Т. 15, № 1. - С. 98-105. - Библиогр.: 11 назв. - DOI 10.25205/2541-9447-2020-15-1-98-105.
- 556 Аржанников А.В., Самцов Д.А., Сеницкий С.Л., Степанов В.Д. Угловая расходимость электронов ленточного РЭП в магнитно-изолированном диоде (моделирование, эксперимент) // Сибирский физический журнал. - 2020. - Т. 15, № 1. - С. 24-41. - Библиогр.: 25 назв. - DOI 10.25205/2541-9447-2020-15-1-24-41.
- 557 Баранов Г.Н., Богомятков А.В., Левичев Е.Б., Снятин С.В. Оптимизация магнитной структуры источника синхротронного излучения четвертого поколения СКИФ в Новосибирске // Сибирский физический журнал. - 2020. - Т. 15, № 1. - С. 5-23. - Библиогр.: 8 назв. - DOI 10.25205/2541-9447-2020-15-1-5-23.
- 558 Жимулев И.Ф., Антоненко О.В., Деева Е.А., Андреевков О.В., Андреевкова Н.Г., Цыбулин С.М., Богомолова И.Н., Равкин Ю.С., Зыкова Т.Ю., Кашинская Ю.О., Романов К.В., Сысоев Б.А., Шнайдер Е.П., Штоль Д.А., Машков В.Е., Жимулев Е.И., Карякин И.В. Встречи птиц, редких для новосибирского Академгородка и его окрестностей на правом берегу Оби (Новосибирская область) // Русский орнитологический журнал. - 2020. - Т. 29, № 1959. - С. 3611-3631. - Библиогр.: 10 назв.
- 559 Гуров С.М., Волков В.Н., Золотарев К.В., Левичев А.Е. Инжекционная система для Сибирского Кольцевого Источника Фотонов // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. - 2020. - № 7. - С. 3-7. - Библиогр.: 10 назв. - DOI 10.31857/S1028096020060072.
- 560 Krokovny P. Radiative decays at LHCb // Proceedings of Science. - 2020. - Vol. 377: 18th International Conference on B-Physics at Frontier Machines (Beauty2019), Ljubljana, Slovenia, 29 September - 4 October 2019. - Art.nr PoS(Beauty2019)020. - Bibliogr.: 15 ref. - DOI 10.22323/1.377.0020.
- 561 Wallon S., Boussarie R., Grabovsky A., Szymanowski L. Exclusive diffractive processes including saturation effects at next-to-leading order // Proceedings of Science. - 2020. - Vol. 374: Light Cone 2019 - QCD on the light cone: from hadrons to heavy ions (LC2019), Palaiseau, France, 16-20 September 2019. - Art.nr PoS(LC2019)092. - Bibliogr.: 23 ref. - DOI 10.22323/1.374.0092.
- 562 Иванов А.В. Динамика заряженных частиц и интенсивных пучков в стационарных полях : учебное пособие. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. - 248 с. : ил. - (Учебники НГТУ).
- 563 Zhabin V.N., Kharlamov A.G. Measurement of $\gamma^* \omega \pi 0$ form factor using SND detector on VEPP-2000 // Moscow International School of Physics 2020, Moscow, 3 - 9 March 2020 : Book of Abstracts. - Moscow : LPI, 2020. - P. 13-14.
- 564 Толочко Б.П., Шарафутдинов М.Р., Анчаров А.И., Тен К.А., Рубцов И.А., Аракчиев А.С., Аульченко В.М., Жуланов В.В., Шехтман Л.И. Методы исследования быстротекающих структурных превращений с высоким временным разрешением на пучках синхротронного излучения [Электронный ресурс] // 3-я Всероссийская конференция «Методы Исследования Составы и Структуры Функциональных Материалов» МИСФМ-2020, Новосибирск, 1-4 сентября 2020 : Сборник тезисов докладов. - Новосибирск : Ин-т катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 2020. - С. 33-34.
- 565 Трунова В.А., Легкодымов А.А., Карпунин Д.А., Федотов А.П. Расшифровка био-геохимических летописей из донных осадков озера Байкал для определения тенденций изменений климата и ландшафтов байкальской территории методом РФА-СИ [Электронный ресурс] // 3-я Всероссийская конференция «Методы Исследования Составы и Структуры Функциональных Материалов» МИСФМ-2020, Новосибирск, 1-4 сентября 2020 : Сборник тезисов докладов. - Новосибирск : Ин-т катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 2020. - С. 39-40.
- 566 Krachkov P.A., Milstein A.I., Shamov A.G. Amplitudes of two-photon processes and extension of BDK generator // Computer Physics Communications. - 2020. - Vol. 257. - Art.nr 107519. - Bibliogr.: 19 ref. - DOI 10.1016/j.cpc.2020.107519.

- 567 **Soldatkina E.I., Maximov V.V., Prikhodko V.V., Savkin V.Ya., Skovorodin D.I., Yakovlev D.V., Bagryansky P.A.** Measurements of axial energy loss from magnetic mirror trap // *Nuclear Fusion*. - 2020. - Vol. 60, Is. 8. - Art.nr 086009. - Bibliogr.: 16 ref. - DOI 10.1088/1741-4326/ab95d2.
- 568 **Müller F., Collab. WASA-at-COSY, Koop I.** Measurement of deuteron carbon vector analyzing powers in the kinetic energy range 170–380 MeV // *European Physical Journal A*. - 2020. - Vol. 56, Is. 8. - Art.nr 211. - Bibliogr.: 21 ref. - DOI 10.1140/epja/s10050-020-00215-8.
- 569 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B.** Observation of $X(2370)$ and search for $X(2120)$ in $J/\psi \rightarrow \gamma K \bar{K}'$ // *European Physical Journal C*. - 2020. - Vol. 80, Is. 8. - Art.nr 746. - Bibliogr.: 28 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-8078-4.
- 570 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Multiplicity dependence of π , K, and p production in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // *European Physical Journal C*. - 2020. - Vol. 80, Is. 8. - Art.nr 693. - Bibliogr.: 52 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-8125-1.
- 571 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B.** Σ^+ and Σ^- Polarization in the J/ψ and $\psi(3686)$ Decays // *Physical Review Letters*. - 2020. - Vol. 125, Is. 5. - Art.nr 052004. - Bibliogr.: 30 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.052004.
- 572 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.** Search for Heavy Higgs Bosons Decaying into Two Tau Leptons with the ATLAS Detector Using pp Collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // *Physical Review Letters*. - 2020. - Vol. 125, Is. 5. - P051801. - Bibliogr.: 112 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.051801.
- 573 **Pugachev K.V., Kardapoltsev L.V., Korol A.A.** The DQM system for the SND detector // *Journal of Physics: Conference Series*. - 2020. - Vol. 1525: 19th International Workshop on Advanced Computing and Analysis Techniques in Physics Research, 11-15 March 2019, Saas-Fee, Switzerland, Is. 1. - Art.nr 012069. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1525/1/012069.
- 574 **Korobov A.A., Eidelman S. I.** Data-driven Low-energy Generic Generator for CMD-3 // *Journal of Physics: Conference Series*. - 2020. - Vol. 1525: 19th International Workshop on Advanced Computing and Analysis Techniques in Physics Research, 11-15 March 2019, Saas-Fee, Switzerland, Is. 1. - Art.nr 012019. - Bibliogr.: 40 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1525/1/012019.
- 575 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V.** Measurement of CP-Averaged Observables in the $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$ Decay // *Physical Review Letters*. - 2020. - Vol. 125, Is. 1. - P011802. - Bibliogr.: 74 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.011802.
- 576 **Belikov O.V., Kozak V.R.** Power Supplies of Correction Magnets of Modern Accelerating Complexes // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. - 2020. - Vol. 17, Is. 4. - P. 507-510. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1134/S1547477120040093.
- 577 **Belikov O.V., Kozak V.R.** Bypass Modules of Shunting of Electromagnets with Energy Recuperation to the Grid // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. - 2020. - Vol. 17, Is. 4. - P. 511-514. - Bibliogr.: 3 ref. - DOI 10.1134/S154747712004010X.
- 578 **Gurov S.M., Volkov V.N., Zolotarev K.V., Levichev A.E.** Injection System for the Siberian Ring Source of Photons // *Journal of Surface Investigation*. - 2020. - Vol. 14, Is. 4. - P. 651-654. - Bibliogr.: 10 ref. - DOI 10.1134/S1027451020030271.
- 579 **Bochko V., Silagadze Z.K.** On the electrostatic potential and electric field of a uniformly charged disk // *European Journal of Physics*. - 2020. - Vol. 41, Is. 4. - Art.nr 045201. - Bibliogr.: 55 ref. - DOI 10.1088/1361-6404/ab78aa.
- 580 **Shkaruba V.A., Bragin A. V., Volkov A.A., Erokhin A.I., Zorin A.V., Lev V.Kh., Mezentsev N.A., Safronov A.N., Syrovatin V.M., Tarasenko O.A., Khrushchev S.V., Tsukanov V.M.** Superconducting Multipole Wigglers for Generating Synchrotron Radiation at the Budker Institute of Nuclear Physics // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. - 2020. - Vol. 17, Is. 4. - P. 542-547. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1134/S1547477120040421.
- 581 **Maltseva Yu.I., Astrelina K.V.** Optimizing Parameters of the Fiber-Optic Beam-Loss Monitor for the VEPP-5 Injection Complex // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. - 2020. - Vol. 17, Is. 4. - P. 594-596. - Bibliogr.: 7 ref. - DOI 10.1134/S1547477120040329.
- 582 **Vasiliev S.V., Kasaev A.S., Berkaev D. E., Andrianov A.V.** Development of a Generator of High-Voltage Pulses Based on SOS-Diode and the High-Current Cold Thyratrons with the Auxiliary Glow Discharge for Feeding of Inflectors IC VEPP-5 // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. - 2020. - Vol. 17, Is. 4. - P. 548-551. - Bibliogr.: 11 ref. - DOI 10.1134/S1547477120040469.
- 583 **Andrianov A.V., Arsenyeva M.V., Barnyakov A.M., Levichev A.E., Pivovarov I.L., Samoiloov S.L., Chekmenev D.I.** S-Band Klystron Development // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. - 2020. - Vol. 17, Is. 4. - P. 552-556. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1134/S1547477120040032.
- 584 **Rastigeev S.A., Goncharov A.D., Klyuev V.F., Konstantinov E.S., Parkhomchuk V.V., Petrozhitskii A.V., Frolov A.R.** Radiocarbon Dating User Samples with the BINP Accelerator Mass Spectrometer // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. - 2020. - Vol. 17, Is. 4. - P. 635-638. - Bibliogr.: 12 ref. - DOI 10.1134/S154747712004038X.
- 585 **Timoshenko M.V., Borin V.M., Zharinov Yu.M., Zemlyansky I.M., Kasaev A.S., Karpov G.V., Kirpotin A.N., Koop I.A., Lysenko A.P., Meshkov O.I., Perevedentsev E.A., Prosvetov V.P., Rogovsky Yu. A., Senchenko A.I., Shatilov D.N., Shatunov P.Yu., Shatunov Yu.M., Schwartz D.B.** Status of Vepp-2000 BINP Electron-Positron Collider // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. - 2020. - Vol. 17, Is. 4. - P. 419-424. - Bibliogr.: 15 ref. - DOI 10.1134/S1547477120040457.
- 586 **Maltseva Yu.I., Astrelina K.V.** Comparison of the Numerical Model with Experimental Data for a Beam-Loss Monitor Based on an Optical Fiber // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. - 2020. - Vol. 17, Is. 4. - P. 586-589. - Bibliogr.: 7 ref. - DOI 10.1134/S1547477120040305.
- 587 **Kuzmin A., Remnev M., Matvienko D., Usov Y., Zhulanov V.** Data acquisition system for Belle II electromagnetic calorimeter // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. 15, Is. 7, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C07020. - Bibliogr.: 10 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/07/C07020.
- 588 **Bryzgunov M.I., Bublely A.V., Denisov A.P., Parkhomchuk V.V., Panasyuk V.M., Reva V.B., Putmakov A.A.** Electron Collector for a High-Voltage Electron-Cooling System // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. - 2020. - Vol. 17, Is. 4. - P. 429-433. - Bibliogr.: 15 ref. - DOI 10.1134/S1547477120040147.
- 589 **Bolkhovityanov D., Cheblakov P.** A Comparative Analysis of the Architecture of Control Systems of Physical Research Facilities // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. - 2020. - Vol. 17, Is. 4. - P. 571-573. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1134/S1547477120040123.
- 590 **Bolkhovityanov D., Cheblakov P.** On Automatic Reconnects in the Control Systems of Large Experimental Facilities // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. - 2020. - Vol. 17, Is. 4. - P. 567-570. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1134/S1547477120040111.
- 591 **Maltseva Yu.I., Andrianov A.V.** Methods for Increasing the Spatial Resolution of a Distributed Beam-Loss Monitor Based on Cherenkov Radiation in an Optical Fiber // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. - 2020. - Vol. 17, Is. 4. - P. 590-593. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.1134/S1547477120040317.
- 592 **Kremnev N.S., Bryzgunov M.I., Bublely A.V., Parkhomchuk V.V., Panasyuk V.M., Reva V.B., Putmakov A.A., Pospelita S.P., Shiyankov S.V.** Design of the Central Solenoid of the HV Electron Cooling System for the NICA Collider // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. - 2020. - Vol. 17, Is. 4. - P. 438-442. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1134/S1547477120040275.
- 593 **Bryzgunov M.I., Bublely A.V., Denisov A.P., Goncharov A.D., Parkhomchuk V.V., Panasyuk V.M., Reva V.B., Kremnev N.S., Putmakov A.A., Belikov O.V., Gorchakov K.M., Skorobogatov D.N., Chekavinskiy V.A., Bekhtenev E.A., Zharikov A.A., Karpov G.V., Kondaurou M.N., Gusev I.A., Senkov D.V.** Status of the High-Voltage Electron-Cooling System of the NICA Collider // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. - 2020. - Vol. 17, Is. 4. - P. 425-428. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1134/S1547477120040135.
- 594 **Gentselev A.N., Dultsev F.N., Goldenberg B.G., Kuper K.E.** Method for Manufacturing Silicon X-Ray Masks Via Plasma Chemical Etching // *Journal of Surface Investigation*. - 2020. - Vol. 14, Is. 4. - P. 862-865. - Bibliogr.: 18 ref. - DOI 10.1134/S1027451020040266.
- 595 **Balakin V., Astrelina K., Petrenko A., Berkaev D., Emanov F., Meshkov O., Borin V.** Probing Beam Collective Effects in the Damping Ring of the VEPP-5 Injection Complex // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. - 2020. - Vol. 17, Is. 4. - P. 415-418. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1134/S1547477120040068.

- 596 **Balakin V., Astrelina K., Berkaev D., Emanov F., Rogovsky Yu. Software for Monitoring and Controlling the VEPP-5 Damping-Ring Operation with Upgraded Electronics of Beam-Position Sensors // Physics of Particles and Nuclei Letters.** - 2020. - **Vol. 17, Is. 4.** - P. 557-560. - Bibliogr.: 7 ref. - DOI 10.1134/S154747712004007X.
- 597 **Astrelina K., Andrianov A., Balakin V., Barnyakov A., Belikov O., Berkaev D., Blinov M., Boymelshteyn Yu., Bolkhovityanov D., Borin V., Butakov A., Vasiliev S., Emanov F., Karpov G., Kasaev A., Kondakov A., Koop I., Kot N., Kurkin G., Lapik R., Lebedev N., Levichev A., Maltseva Yu., Martynovsky A., Martyskin P., Meshkov O., Motygin S., Murasev A., Myslivets V., Nikiforov D., Pilan A., Rogovsky Yu., Samoylov S., Tribendis A., Frolov A., Tsyganov A. Current Status and Planned Upgrades of the VEPP-5 Injection Complex // Physics of Particles and Nuclei Letters.** - 2020. - **Vol. 17, Is. 4.** - P. 409-414. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1134/S1547477120040056.
- 598 **Mussakhanov D.A., Tulegenova A.T., Lisitsyn V.M., Golkovski M.G., Karipbayev Zh.T., Kupchishin A.I., Stepanov S.A. Effect of Annealing on the Luminescence of YAG:Ce and YAGG:Ce Ceramics Synthesized in a Radiation Field // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics.** - 2020. - **Vol. 84, Is. 7.** - P. 799-802. - Bibliogr.: 15 ref. - DOI 10.3103/S1062873820070205.
- 599 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Precision measurement of the B^*c meson mass // Journal of High Energy Physics.** - 2020. - **Vol. 2020, Is. 7.** - Art.nr 123. - Bibliogr.: 80 ref. - DOI 10.1007/JHEP07(2020)123.
- 600 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Measurement of nuclear effects on $\psi(2S)$ production in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 8.16$ TeV // Journal of High Energy Physics.** - 2020. - **Vol. 2020, Is. 7.** - Art.nr 237. - Bibliogr.: 62 ref. - DOI 10.1007/JHEP07(2020)237.
- 601 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Measurement of quark- and gluon-like jet fractions using jet charge in PbPb and pp collisions at 5.02 TeV // Journal of High Energy Physics.** - 2020. - **Vol. 2020, Is. 7.** - Art.nr 115. - Bibliogr.: 57 ref. - DOI 10.1007/JHEP07(2020)115.
- 602 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Search for charged Higgs bosons decaying into a top and a bottom quark in the all-jet final state of pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV // Journal of High Energy Physics.** - 2020. - **Vol. 2020, Is. 7.** - Art.nr 126. - Bibliogr.: 123 ref. - DOI 10.1007/JHEP07(2020)126.
- 603 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Measurement of the cross section for tt^* production with additional jets and b jets in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV // Journal of High Energy Physics.** - 2020. - **Vol. 2020, Is. 7.** - Art.nr 125. - Bibliogr.: 67 ref. - DOI 10.1007/JHEP07(2020)125.
- 604 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Observation of the associated production of a top quark and a Z boson in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector // Journal of High Energy Physics.** - 2020. - **Vol. 2020, Is. 7.** - Art.nr 124. - Bibliogr.: 79 ref. - DOI 10.1007/JHEP07(2020)124.
- 605 **Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Bobrovnikov V.S., Chizhik G.S., Katcin A. A., Klado V.A., Ovtin I.V. Investigation of Cherenkov radiation component in LYSO(Ce) crystals // Journal of Physics: Conference Series.** - 2020. - **Vol. 1561:** Detection Systems and Techniques in Nuclear and Particle Physics (DeSyT2019), 11-13 September 2019, Messina, Italy, **Is. 1.** - Art.nr 012018. - Bibliogr.: 7 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1561/1/012018.
- 606 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Centrality and transverse momentum dependence of inclusive J/ψ production at midrapidity in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=5.02$ TeV // Physics Letters B.** - 2020. - **Vol. 805.** - Art.nr 135434. - Bibliogr.: 59 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135434.
- 607 **Kovalenko E., Collab. Belle II On-line luminosity measurements at Belle II // Journal of Instrumentation.** - 2020. - **Vol. 15, Is. 6. Pt. Conference proceedings :** The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C06067. - Bibliogr.: 7 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/06/C06067.
- 608 **Bondar A.E., Borisova E.O., Buzulutskov A.F., Nosov V.V., Oleynikov V.P., Sokolov A.V., Frolov E.A. Effect of Neutral Bremsstrahlung on the Operation of Two-Phase Argon Detectors // Bulletin of the Lebedev Physics Institute.** - 2020. - **Vol. 47, Is. 6.** - P. 162-165. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.3103/S1068335620060032.
- 609 **Getmanov Ya., Borin V., Dorokhov V., Matveev A., Meshkov O., Mickailov A., Reshetov D., Shevchenko O., Vinokurov N. Development and application of electron beam optical diagnostics for the multi-turn ERL of the Novosibirsk FEL facility // Journal of Instrumentation.** - 2020. - **Vol. 15, Is. 6. Pt. Conference proceedings :** The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr T06004. - Bibliogr.: 19 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/06/T06004.
- 610 **Arakcheev A., Aulchenko V., Kudryavtsev V., Shekhtman L., Zhulanov V. Operation of silicon microstrip detector with integrating readout for fast time-resolved experiments // Journal of Instrumentation.** - 2020. - **Vol. 15, Is. 6. Pt. Conference proceedings :** The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C06065. - Bibliogr.: 14 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/06/C06065.
- 611 **Darin A.V., Rogozin D.Yu., Meydus A.V., Babich V.V., Kalugin I.A., Markovich T.I., Rakshun Ya.V., Darin F.A., Sorokoletov D.S., Gogin A.A., Senin R.A., Degermendzhi A.G. Traces of the Tunguska Event (1908) in Sediments of Zapovednoe Lake Based on SR–XRF Data // Doklady Earth Sciences.** - 2020. - **Vol. 492, Is. 2.** - P. 442-445. - Bibliogr.: 10 ref. - DOI 10.1134/S1028334X20060045.
- 612 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Coherent photoproduction of ρ^0 vector mesons in ultra-peripheral Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV // Journal of High Energy Physics.** - 2020. - **Vol. 2020, Is. 6.** - Art.nr 35. - Bibliogr.: 47 ref. - DOI 10.1007/JHEP06(2020)035.
- 613 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Search for dijet resonances in events with an isolated charged lepton using $\sqrt{s} = 13$ TeV proton-proton collision data collected by the ATLAS detector // Journal of High Energy Physics.** - 2020. - **Vol. 2020, Is. 6.** - Art.nr 151. - Bibliogr.: 69 ref. - DOI 10.1007/JHEP06(2020)151.
- 614 **Malikov A.G., Orishich A.M., Vitoshkin I.E., Karpov E.V., Ancharov A.I. Laser Welding of Dissimilar Materials Based on VT20 Titanium and V-1461 Aluminum Alloys // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics.** - 2020. - **Vol. 61, Is. 2.** - P. 307-317. - Bibliogr.: 14 ref. - DOI 10.1134/S0021894420020182.
- 615 **Shevchenko V.G., Krasil'nikov V.N., Eseevich D.A., Konyukova A.V., Vinokurov Z.S., Ancharov A.I., Tolochko B.P. Influence of the Amount of Fe₂O₃ Modifier on the Oxidation Rate of ASD-4 Micron-Sized Powder // Combustion, Explosion and Shock Waves.** - 2020. - **Vol. 56, Is. 2.** - P. 156-162. - Bibliogr.: 22 ref. - DOI 10.1134/S0010508220020069.
- 616 **Uspenskii S.A., Khaptakhanova P.A., Zaboronok A.A., Kurkin T.S., Volkova O.Yu., Mechetina L.V., Taranin A.V., Kanygin V.V., Matsumura A., Taskaev S.Yu. Elemental Boron Nanoparticles: Production by Ultrasonication in Aqueous Medium and Application in Boron Neutron Capture Therapy // Doklady Chemistry.** - 2020. - **Vol. 491, Is. 1.** - P. 45-48. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.1134/S0012500820030027.
- 617 **Sen A., Silagadze Z.K. Trigonometric identities inspired by the atomic form factor // Georgian Mathematical Journal.** - 2020. - **Vol. 27, Is. 3.** - P. 441-446. - Bibliogr.: 37 ref. - DOI 10.1515/gmj-2019-2083.
- 618 **Gluskin E., Mezentssev N. Superconducting wigglers and undulators // Synchrotron Light Sources and Free-Electron Lasers. Accelerator Physics, Instrumentation and Science Applications.** - Cham : Springer, 2020. - P. 935-985. - Bibliogr.: 72 ref. - DOI 10.1007/978-3-030-23201-6_61.
- 619 **Aulchenko V.M., Zhulanov V.V., Shekhtman L.I. Development of an Application Specific Integrated Circuit for Signal Detection in Experimental Studies of Fast Processes // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing.** - 2020. - **Vol. 56, Is. 1.** - P. 81-88. - Bibliogr.: 17 ref. - DOI 10.3103/S8756699020010112.
- 620 **Dymova M.A., Taskaev S.Yu., Richter V.A., Kuligina E.V. Boron neutron capture therapy: Current status and future perspectives // Cancer Communications.** - 2020. - **Vol. 40, Is. 9.** - P. 406-421. - Bibliogr.: 134 ref. - DOI 10.1002/cac2.12089.
- 621 **Вебер С.Л., Мельников А.Р., Туманов С.В., Щеглов М.А., Гетманов Я.В., Кубарев В.В., Шевченко О.А., Федин М.В. Станция ЭПР-спектроскопии на новосибирском лазере на свободных электронах: применение ТГЦ-излучения высокой мощности в области**

- молекулярного магнетизма [Электронный ресурс] // 3-я Всероссийская конференция «Методы Исследования Составы и Структуры Функциональных Материалов» МИССФМ-2020, Новосибирск, 1-4 сентября 2020 : Сборник тезисов докладов. - Новосибирск : Ин-т катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 2020. - С. 91-92. - Библиогр.: 3 назв.
- 622 **Мельников А.Р., Шевченко О.А., Тарарышкин С.В., Гетманов Я.В., Середняков С.С., Быков Е. В., Кубарев В.В., Федин М.В., Вебер С.Л. Система электронной модуляции ТГц излучения новосибирского лазера на свободных электронах. Технические аспекты и возможные применения [Электронный ресурс] // 3-я Всероссийская конференция «Методы Исследования Составы и Структуры Функциональных Материалов» МИССФМ-2020, Новосибирск, 1-4 сентября 2020 : Сборник тезисов докладов. - Новосибирск : Ин-т катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 2020. - С. 290-291. - Библиогр.: 2 назв.**
- 623 **Рубцов И.А., Тен К.А., Пруэл Э.Р., Кашкаров А.О., Аракчеев А.С., Толочко Б.П., Анчаров А.И., Зубавичус Я.В., Ракшун Я.В., Шехтман Л.И., Шкаруба В.А. Концептуальный проект станции 1-3 «Быстропротекающие процессы» на источнике синхротронного излучения ЦКП «СКИФ» [Электронный ресурс] // 3-я Всероссийская конференция «Методы Исследования Составы и Структуры Функциональных Материалов» МИССФМ-2020, Новосибирск, 1-4 сентября 2020 : Сборник тезисов докладов. - Новосибирск : Ин-т катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 2020. - С. 294-295.**
- 624 **Захаров Б.А., Винокуров З.С., Ращенко С.В., Шамаков А.Н., Болдырева Е.В., Громилов С.А., Ларичев Ю.В., Сухих А.С., Цыбуля С.В., Толочко Б.П., Требушинин А.Е., Шарафутдинов М.Р., Зубавичус Я.В., Ракшун Я.В. Концепция станции «Структурная диагностика» источника синхротронного излучения «СКИФ» [Электронный ресурс] // 3-я Всероссийская конференция «Методы Исследования Составы и Структуры Функциональных Материалов» МИССФМ-2020, Новосибирск, 1-4 сентября 2020 : Сборник тезисов докладов. - Новосибирск : Ин-т катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 2020. - С. 337-338.**
- 625 **Кривенцов В.В., Мороз Э.М., Саенко И.С., Удовский А.Л. XAFS – исследование модифицированных оксидов циркония [Электронный ресурс] // 3-я Всероссийская конференция «Методы Исследования Составы и Структуры Функциональных Материалов» МИССФМ-2020, Новосибирск, 1-4 сентября 2020 : Сборник тезисов докладов. - Новосибирск : Ин-т катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 2020. - С. 346-347.**
- 626 **Кривенцов В.В., Володин А.М., Троицкий С.Ю., Аксенов Д.Г., Шляпин Д.А. XAFS-исследование нанокompозитных модельных металл-углеродных катализаторов [Электронный ресурс] // 3-я Всероссийская конференция «Методы Исследования Составы и Структуры Функциональных Материалов» МИССФМ-2020, Новосибирск, 1-4 сентября 2020 : Сборник тезисов докладов. - Новосибирск : Ин-т катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 2020. - С. 349.**
- 627 **Купер К.Э. Проект станции «Диагностика в высокоэнергетическом рентгеновском диапазоне» на сибирском источнике синхротронного излучения «СКИФ» [Электронный ресурс] // 3-я Всероссийская конференция «Методы Исследования Составы и Структуры Функциональных Материалов» МИССФМ-2020, Новосибирск, 1-4 сентября 2020 : Сборник тезисов докладов. - Новосибирск : Ин-т катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 2020. - С. 356-358.**
- 628 **Ачасов М.Н., Барняков А.Ю., Белобородов К.И., Бердюгин А.В., Беркаев Д.Е., Богданчиков А.Г., Ботов А.А., Голубев В.Б., Димова Т.В., Дружинин В.П., Жабин В.Н., Кардапольцев Л.В., Касаев А.С., Кирпотин А.Н., Коврижин Д.П., Кооп И.А., Король А.А., Купич А.С., Мартин К.А., Мельникова Н.А., Мучной Н.Ю., Образовский А.Е., Отбоев А.В., Пахтусова Е.В., Пугачев К.В., Роговский Ю.А., Савченко Я.С., Сенченко А.И., Середняков С.И., Силагадзе З.К., Суринов И.К., Тимошенко М.В., Усов Ю.В., Харламов А.Г., Шатунов Ю.М., Шварц Д.Б., Штоль Д.А. Поиск процесса $e^+e^- \rightarrow \eta'$ на детекторе СНД // Ядерная физика. - 2020. - Т. 83, № 5. - С. 427-432. - Библиогр.: 22 назв. - DOI 10.31857/S0044002720050049.**
- 629 **Павельев В.С., Дегтярев С.А., Тукмаков К.Н., Решетников А.С., Князев Б.А., Чопорова Ю.Ю. Кремниевые субволновые аксионы для преобразования поляризации состояния терагерцовых пучков // Сборник трудов по материалам VI Международной конференции и молодежной школы «Информационные Технологии и Нанотехнологии (ИТНТ-2020)», Самара, 26-29 мая 2020 г. : в 4-х томах. - Самара : СНИУ, 2020. - Т. 1: Компьютерная оптика и нанотехника. - С. 532-538. - Библиогр.: 36 назв.**
- 630 **Арсентьева М.В., Барняков А.М., Левичев А.Е., Сумбаев А.П. Анализ фокусирующих свойств краевого электрического поля ускоряющей структуры ускорителя ЛУЭ-200 // Известия вузов. Физика. - 2020. - Т. 63, № 7. - С. 26-30. - Библиогр.: 9 назв. - DOI 10.17223/00213411/63/7/26.**
- 631 **Касатов Д.А., Кошкарев А.М., Макаров А.Н., Острейнов Г.М., Таскаев С.Ю., Щудло И.М. Источник быстрых нейтронов на основе ускорителя-тандема с вакуумной изоляцией и литиевой мишени // Приборы и техника эксперимента. - 2020. - № 5. - С. 5-9. - Библиогр.: 24 назв. - DOI 10.31857/S0032816220050158.**
- 632 **Цыганкова А.Р., Каныгин В.В., Касатова А.И., Завьялов Е.Л., Гусельникова Т.Я., Кичигин А.И., Мухамадияров Р.А. Определение бора методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой. Изучение биораспределения ^{19}B в органах мышей // Известия Академии наук. Серия химическая. - 2020. - № 3. - С. 601-607. - Библиогр.: 36 назв.**
- 633 **Растигеев С.А., Гончаров А.Д., Ключев В.Ф., Константинов Е.С., Пархомчук В.В., Петрожицкий А.В., Фролов А.Р. Опыт использования УМС ИЯФ для датирования пользовательских образцов // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 711-716. - Библиогр.: 12 назв.**
- 634 **Бехтенев Е.А., Журавлев А.Н., Карнаев С.Е., Карпов Г.В., Киселев В.А., Мешков О.И., Пиминов П.А., Селиванов А.Н., Скамароха М.А., Федотов М.Г. Модернизация системы диагностики пучка в импульсном транспортном канале ВЭПП-3-ВЭПП-4М // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 649-658. - Библиогр.: 9 назв.**
- 635 **Мальцева Ю.И., Астрелина К.В. Оптимизация параметров оптоволоконного датчика потерь пучка для инжекционного комплекса ВЭПП-5 // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 645-648. - Библиогр.: 3 назв.**
- 636 **Мальцева Ю.И., Андрианов А.В. Методы улучшения пространственного разрешения распределенного датчика потерь пучка на основе черенковского излучения в оптоволокне // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 638-644. - Библиогр.: 7 назв.**
- 637 **Мальцева Ю.И., Астрелина К.В. Сравнение численной модели оптоволоконного датчика потерь пучка с экспериментальными данными // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 633-637. - Библиогр.: 3 назв.**
- 638 **Болховитянов Д.Ю., Чеблаков П.Б. Об автоматическом восстановлении соединений в системах управления крупными физическими установками // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 604-609. - Библиогр.: 5 назв.**
- 639 **Балакин В., Астрелина К.В., Беркаев Д., Еманов Ф., Роговский Ю. Разработка инструментов контроля и управления параметрами накопителя-охлаждителя инжекционного комплекса ВЭПП-5 с новой электронной системой положения пучка // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 589-594. - Библиогр.: 8 назв.**
- 640 **Андрианов А.В., Арсентьева М.В., Барняков А.М., Левичев А.Е., Пивоваров И.Л., Самойлов С.Л., Чекуменев Д.И. Разработка клистера S-диапазона // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 580-586. - Библиогр.: 4 назв.**

- 641 **Васильев С.В., Касаев А.С., Беркаев Д.Е., Андрианов А.В.** Генератор высоковольтных наносекундных прямоугольных импульсов на основе SOS-диода и псевдоскриповых тиратронов для питания пластин инфлекторов ИК ВЭПП-5 // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 579.
- 642 **Шкаруба В.А., Брагин А.В., Волков А.А., Ерохин А.И., Зорин А.В., Лев В.Х., Мезенцев Н.А., Сафронов А.Н., Сыроватин В.М., Тарасенко О.А., Хрущев С.В., Цуканов В.М.** Сверхпроводящие многополюсные вигглеры для генерации синхротронного излучения в ИЯФ СО РАН // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 567-575. - Библиогр.: 5 назв.
- 643 **Беликов О.В., Козак В.Р.** Источники подшунтирования обмоток электромагнитов с рекуперацией электроэнергии в сеть // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 518-522. - Библиогр.: 3 назв.
- 644 **Беликов О.В., Козак В.Р.** Источники питания корректирующих магнитов современных ускорительных комплексов // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 513-517. - Библиогр.: 4 назв.
- 645 **Кремнев Н.С., Брызгунов М.И., Бублей А.В., Пархомчук В.В., Панасюк В.М., Рева В.Б., Путьмаков А.А., Посполита С.П., Шиянков С.В.** Конструкция центрального соленоида высоковольтной системы электронного охлаждения для коллайдера NICA // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 411-416. - Библиогр.: 5 назв.
- 646 **Брызгунов М.И., Бублей А.В., Денисов А.П., Пархомчук В.В., Панасюк В.М., Рева В.Б., Путьмаков А.А.** Электронные коллекторы для высоковольтных систем электронного охлаждения // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 397-404. - Библиогр.: 14 назв.
- 647 **Брызгунов М.И., Бублей А.В., Денисов А.П., Гончаров А.Д., Пархомчук В.В., Панасюк В.М., Рева В.Б., Кремнев Н.С., Путьмаков А.А., Беликов О.В., Горчаков К.М., Скоробогатов Д.Н., Чекавинский В.А., Бехтенев Е.А., Жариков А.А., Карпов Г.В., Кондауров М.Н., Гусев И.А., Сеньков Д.В.** Разработка высоковольтной системы электронного охлаждения для коллайдера NICA // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 391-396. - Библиогр.: 5 назв.
- 648 **Тимошенко М.В., Борин В.М., Жаринов Ю.М., Землянский И.М., Касаев А.С., Карпов Г.В., Кирпотин А.Н., Кооп И.А., Лысенко А.П., Мешков О.И., Переведенцев Е.А., Просветов В.П., Роговский Ю.А., Сенченко А.И., Шатилов Д.Н., Шатунов П.Ю., Шатунов Ю.М., Шварц Д.Б.** Статус электрон-позитронного коллайдера ИЯФ ВЭПП-2000 // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 380-387. - Библиогр.: 15 назв.
- 649 **Балакин В., Астрелина К.В., Петренко А.В., Беркаев Д., Еманов Ф., Мешков О.И., Борин В.М.** Изучение коллективных эффектов пучка накопителя-охладителя инжекционного комплекса ВЭПП-5 // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 374-379. - Библиогр.: 8 назв.
- 650 **Астрелина К.В., Андрианов А.В., Балакин В., Барняков А., Беликов О.В., Беркаев Д.Е., Блинов М.Ф., Боймельштейн Ю.М., Болховитянов Д.Ю., Борин В.М., Бутаков А., Васильев С., Еманов Ф.А., Карпов Г.В., Касаев А.С., Кондаков А.А., Кооп И.А., Кот Н.Х., Куркин Г.Я., Лапик Р.М., Лебедев Н.Н., Левичев А.Е., Мальцева Ю.И., Мартыновский А.Ю., Мартышкин П.В., Мешков О.И., Мотыгин С.В., Мурасов А.А., Муслиев В.П., Никифоров Д.А., Пилан А.М., Роговский Ю.А., Самойлов С.Л., Трибендис А.Г., Фролов А.Р., Цыганов А.С.** Инжекционный комплекс ВЭПП-5: статус и перспективы // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 367-373.
- 651 **Федин В. С.** Уравнение БФКЛ: состояние и проблемы // Физика элементарных частиц и атомного ядра. - 2020. - Т. 51, № 4 : Международная Боголюбовская конференция «Проблемы теоретической и математической физики», Москва-Дубна, 9-13 сентября 2019 г. - С. 534-544. - Библиогр.: 35 назв.
- 652 **Solodov E.** Study of resonant-states production in e^+e^- annihilation in the energy region around 2.2 GeV // The 40th International Conference on High Energy physics (ICHEP2020), Prague, Czech Republic, 28 July - 6 August 2020 : Book of Abstracts. - 2020. - P. 373.
- 653 **Hartbrich O., Itoh R., Nakao M., Yamada S., Suzuki S., Konno T., Zhou Q., Park S., Li C., Braun N., Guan Y., Prim M., Spruck B., Kunigo T., Reiter S., Remnev M., Lautenbach K.** Status and Performance of the Belle II DAQ System // The 40th International Conference on High Energy physics (ICHEP2020), Prague, Czech Republic, 28 July - 6 August 2020 : Book of Abstracts. - 2020. - P. 395-396.
- 654 **Pastrone N., Delahaye J.-P., Diemoz M., Long K., Mansoulié B., Rivkin L., Schulte D., Skrinisky A., Wulz A.** Prospects on Muon Colliders // The 40th International Conference on High Energy physics (ICHEP2020), Prague, Czech Republic, 28 July - 6 August 2020 : Book of Abstracts. - 2020. - P. 281.
- 655 **Logashenko I.** Measurement of hadronic cross sections at CMD-3 // The 40th International Conference on High Energy physics (ICHEP2020), Prague, Czech Republic, 28 July - 6 August 2020 : Book of Abstracts. - 2020. - P. 445-446.
- 656 **Дробчик А.Н., Дугаров Г.А., Дучков А.А., Купер К.Э.** Акустические измерения и рентгеновская томография песчаных образцов, содержащих гидрат ксенона // Геофизические технологии. - 2020. - № 4. - С. 17-23. - Библиогр.: 15 назв. - DOI 10.18303/2619-1563-2019-4-17.
- 657 **Kozyrev E.A., Solodov E.P., Akhmetshin R.R., Amirkhanov A.N., Anisenkov A.V., Aulchenko V.M., Banzarov V. S., Bashtovoy N.S., Berkaev D. E., Bondar A.E., Bragin A. V., Eidelman S. I., Epifanov D.A., Epshteyn L.B., Erofeev A.L., Fedotovitch G. V., Gayazov S. E., Grebenuk A.A., Gribanov S.S., Grigoriev D.N., Ignatov F.V., Ivanov V. L., Karpov S.V., Kasaev A.S., Kazanin V.F., Korobov A.A., Koop I.A., Kozyrev A.N., Krokovny P.P., Kuzmenko A.E., Kuzmin A.S., Logashenko I.B., Lukin P. A., Lysenko A.P., Mikhailov K.Yu., Okhapkin V.S., Perevedentsev E.A., Pestov Yu.N., Popov A. S., Razuvaev G.P., Rogovsky Yu. A., Ruban A.A., Ryskulov N. M., Ryzhenenkov A.E., Shebalin V.E., Shemyakin D.N., Shwartz B.A., Shwartz D. B., Sibidanov A.L., Shatunov Yu.M., Talyshhev A.A., Vorobiov A.I., Yudin Yu.V.** Intermediate dynamics of the four pions production in e^+e^- annihilation and tau decay processes // Proceedings of Science. - 2020. - Vol. 364: European Physical Society Conference on High Energy Physics (EPS-HEP2019), Ghent, Belgium, 10-17 July 2019. - Art.nr PoS(EPS-HEP2019)525. - Bibliogr.: 5 ref.
- 658 **Druzhinin V.P., Collab. BABAR** Recent results on hadronic cross sections measurements at BABAR for the $g-2$ calculation // Proceedings of Science. - 2020. - Vol. 364: European Physical Society Conference on High Energy Physics (EPS-HEP2019), Ghent, Belgium, 10-17 July 2019. - Art.nr PoS(EPS-HEP2019)535. - Bibliogr.: 14 ref.
- 659 **Kardapolitsev L.V., Achasov M.N., Barnyakov A.Yu., Baykov A.A., Beloborodov K.I., Berdyugin A.V., Bogdanchikov A.G., Botov A.A., Dimova T.V., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kharlamov A.G., Korol A.A., Kovrizhin D.P., Kupich A.S., Litvinov R.A., Martin K.A., Melnikova N.A., Obrazovsky A.E., Paktusova E.V., Pugachev K.V., Savchenko Ya., Serednyakov S.I., Shtol D.A., Silagadze Z.K., Surin I.K., Usov Yu.V., Zabin V.N., Zulanov V.V.** Recent results from SND experiment at the VEPP-2000 collider // Hadron Spectroscopy and Structure : Proceedings of the 18th International Conference on Hadron Spectroscopy and Structure (HADRON2019), Guilin, China, 16-21 August 2019. - Singapore : World Scientific, 2020. - P. 426-432. - DOI 10.1142/9789811219313_0071.

- 660 Korobov A.A., Akhmetshin R.R., Amirkhanov A.N., Anisenkov A.V., Aulchenko V.M., Banzarov V.Sh., Bashtovoy N.S., Berkaev D. E., Bondar A.E., Braşin A. V., Eidelman S. I., Epifanov D.A., Epshteyn L.B., Erofeev A.L., Fedotov G. V., Gayazov S. E., Grebenuk A.A., Gribanov S.S., Grigoriev D.N., Ignatov F.V., Ivanov V. L., Karpov S.V., Kasaev A.S., Kazanin V.F., Koop I.A., Kozyrev A.N., Kozyrev E.A., Krokovny P.P., Kuzmenko A.E., Kuzmin A.S., Logashenko I.B., Lysenko A.P., Lukin P. A., Mikhailov K.Yu., Okhapkin V.S., Otboev A.V., Perevedentsev E.A., Pestov Yu.N., Popov A. S., Razuvaev G.P., Ruban A.A., Ryskulov N. M., Ryzhenkov A.E., Semenov A.V., Senchenko A.I., Shatunov Yu.M., Shebalin V.E., Shemyakin D.N., Shwartz B.A., Shwartz D. B., Sibidanov A.L., Solodov E.P., Titov V.M., Talyshiev A.A., Vorobiov A.I., Yudin Yu.V. Production of four charged pions with the CMD-3 detector at the VEPP-2000 collider // Hadron Spectroscopy and Structure : Proceedings of the 18th International Conference on Hadron Spectroscopy and Structure (HADRON2019), Guilin, China, 16–21 August 2019. - Singapore : World Scientific, 2020. - P. 738-742. - DOI 10.1142/9789811219313_0129.
- 661 Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of a Charged Charmoniumlike Structure in $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-J/\psi$ at $\sqrt{s}=4.26$ GeV // Proceedings of the Symposium on 30 Years of BES Physics, Beijing, China, 5–6 September 2019. - Singapore : World Scientific, 2020. - P. 229-235. - DOI 10.1142/9789811217739_0033.
- 662 Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of a Charged Charmoniumlike Structure $Z_c(4020)$ and Search for the $Z_c(3900)$ in $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-hc$ // Proceedings of the Symposium on 30 Years of BES Physics, Beijing, China, 5–6 September 2019. - Singapore : World Scientific, 2020. - P. 236-242. - DOI 10.1142/9789811217739_0034.
- 663 Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of $e^+e^- \rightarrow \chi(3802)$ at BESIII // Proceedings of the Symposium on 30 Years of BES Physics, Beijing, China, 5–6 September 2019. - Singapore : World Scientific, 2020. - P. 243-249. - DOI 10.1142/9789811217739_0035.
- 664 Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Measurement of the $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ cross section between 600 and 900 MeV using initial state radiation // Proceedings of the Symposium on 30 Years of BES Physics, Beijing, China, 5–6 September 2019. - Singapore : World Scientific, 2020. - P. 250-259. - Bibliogr.: 30 ref. - DOI 10.1142/9789811217739_0036.
- 665 Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Measurements of Absolute Hadronic Branching Fractions of the Λ^0 Baryon // Proceedings of the Symposium on 30 Years of BES Physics, Beijing, China, 5–6 September 2019. - Singapore : World Scientific, 2020. - P. 260-266. - DOI 10.1142/9789811217739_0037.
- 666 Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of an Anomalous Line Shape of the $\eta\pi^+\pi^-$ Mass Spectrum near the $p\bar{p}$ Mass Threshold in $J/\psi \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$ // Proceedings of the Symposium on 30 Years of BES Physics, Beijing, China, 5–6 September 2019. - Singapore : World Scientific, 2020. - P. 267-273. - DOI 10.1142/9789811217739_0038.
- 667 Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Precise Measurement of the $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-J/\psi$ Cross Section at Center-of-Mass Energies from 3.77 to 4.60 GeV // Proceedings of the Symposium on 30 Years of BES Physics, Beijing, China, 5–6 September 2019. - Singapore : World Scientific, 2020. - P. 274-281. - DOI 10.1142/9789811217739_0039.
- 668 Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Study of the $D^0 \rightarrow K^-\mu^+\nu_\mu$ Dynamics and Test of Lepton Flavor Universality with $D^0 \rightarrow K^-\mu^+\nu_\mu$ Decays // Proceedings of the Symposium on 30 Years of BES Physics, Beijing, China, 5–6 September 2019. - Singapore : World Scientific, 2020. - P. 290-297. - Bibliogr.: 46 ref. - DOI 10.1142/9789811217739_0041.
- 669 Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Determination of the Pseudoscalar Decay Constant f_{D^*} via $D^* \rightarrow \mu^+\nu_\mu$ // Proceedings of the Symposium on 30 Years of BES Physics, Beijing, China, 5–6 September 2019. - Singapore : World Scientific, 2020. - P. 298-306. - Bibliogr.: 69 ref. - DOI 10.1142/9789811217739_0042.
- 670 Луцик И.О., Шаманин И.В., Аржанников А.В., Шамаев В.М., Каренгин А.Г., Модестов Д.Г., Приходько В.В., Беденко С.В., Кнышев В.В. Расчет функционалов нейтронного поля в гибридном реакторе, управляемом внешним D-T источником нейтронов: методика и результаты // Актуальные проблемы инновационного развития ядерных технологий. Научная сессия НМЯУ МИФИ, Северск, 6-10 апреля 2020 г.: Материалы конференции. - Северск: СТИ НИЯУ МИФИ, 2020. - С. 100. - Библиогр.: 1 назв.
- 671 Мильштейн А.И., Николаев Н.Н., Сальников С.Г. Несохранение четности в протон-дейтронном рассеянии // Письма в "Журнал экспериментальной и теоретической физики". - 2020. - Т. 112, № 5/6. - С. 352-356. - Библиогр.: 33 назв. - DOI 10.31857/S1234567820180020.
- 672 Zgadzaj R., Silva T., Khudiyakov V.K., Sosedkin A., Allen J., Gessner S., Li Z., Litos M., Vieira J., Lotov K.V., Hogan M.J., Yakimenko V., Downer M.C. Dissipation of electron-beam-driven plasma wakes // Nature Communications. - 2020. - Vol. 11, Is. 1. - Art.nr 4753. - Bibliogr.: 46 ref. - DOI 10.1038/s41467-020-18490-w.
- 673 Longo S., Roney J.M., Cecchi C., Cunliffe S., Ferber T., Hayashii H., Hearty C., Hershenhorn A., Kuzmin A., Manoni E., Meier F., Miyabayashi K., Nakamura I., Remnev M., Sibidanov A., Unno Y., Usov Y., Zhulanov V. CsI(Tl) pulse shape discrimination with the Belle II electromagnetic calorimeter as a novel method to improve particle identification at electron-positron colliders // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. A. - 2020. - Vol. 982. - Art.nr 164562. - Bibliogr.: 35 ref. - DOI 10.1016/j.nima.2020.164562.
- 674 Sen A., Dhasmana S., Silagadze Z.K. Free fall in KvN mechanics and Einstein's principle of equivalence // Annals of Physics. - 2020. - Vol. 422. - Art.nr 168302. - Bibliogr.: 90 ref. - DOI 10.1016/j.aop.2020.168302.
- 675 Kasatov D.A., Koshkarev A.M., Makarov A.N., Ostreynov G.M., Taskaev S.Yu., Shchudlo I.M. A Fast-Neutron Source Based on a Vacuum-Insulated Tandem Accelerator and a Lithium Target // Instruments and Experimental Techniques. - 2020. - Vol. 63, Is. 5. - P. 611-615. - Bibliogr.: 24 ref. - DOI 10.1134/S0020441220050152.
- 676 Arzhannikov A.V., Shmakov V.M., Modestov D.G., Bedenko S.V., Prikhodko V.V., Lutsik I.O., Shamanin I.V. Facility to study neutronic properties of a hybrid thorium reactor with a source of thermonuclear neutrons based on a magnetic trap // Nuclear Engineering and Technology. - 2020. - Vol. 52, Is. 11. - P. 2460-2470. - Bibliogr.: 39 ref. - DOI 10.1016/j.net.2020.05.003.
- 677 Golod S.V., Gayduk A.E., Kurus N.N., Kubarev V.V., Prinz V.Ya. 3D micro/nanoshaping of metal strip arrays by direct imprinting for chiral metasurfaces // Nanotechnology. - 2020. - Vol. 31, Is. 43. - Art.nr 435302. - Bibliogr.: 71 ref. - DOI 10.1088/1361-6528/aba46c.
- 678 Bobrovnikov V.S., Kudryavtsev V.N., Maltsev T. V., Shekhtman L.I. The high-resolution particle tracking triple-GEM detector for the Test Beam facility at VEPP-4M collider // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 9, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C09004. - Bibliogr.: 11 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/09/C09004.
- 679 Baldini A.M., Collab. MEG, Grigoriev D.N., Ignatov F., Popov A., Yudin Yu.V. Search for lepton flavour violating muon decay mediated by a new light particle in the MEG experiment // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 9. - Art.nr 858. - Bibliogr.: 69 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-8364-1.
- 680 Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Z-boson production in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 8.16$ TeV and Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 9. - Art.nr 76. - Bibliogr.: 59 ref. - DOI 10.1007/JHEP09(2020)076.
- 681 Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Measurements of inclusive and differential cross-sections of combined $t\bar{t}\gamma$ and $tW\gamma$ production in the $e\mu$ channel at 13 TeV with the ATLAS detector // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 9. - Art.nr 49. - Bibliogr.: 74 ref. - DOI 10.1007/JHEP09(2020)049.
- 682 Krivkina E.O., Klyshnikov K.Y., Rezvova M.A., Sevostyanova V.V., Tkachenko V.O., Glyshkova T.V., Mironov A.V., Antonova L.V. Development and in Vivo Evaluation of a Biodegradable Vascular Graft Reinforced with a Fused PCL Filament // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1611: XVII International Conference of Students and Young Scientists "Prospects of Fundamental Sciences Development", 21-24 April 2020, Tomsk, Russian Federation, Is. 1. - Art.nr 012053. - Bibliogr.: 7 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1611/1/012053.
- 683 Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev

- A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. CP Properties of Higgs Boson Interactions with Top Quarks in the $t\bar{t}$ and tH Processes Using $H \rightarrow \gamma\gamma$ with the ATLAS Detector // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 125, Is. 6. - P061802. - Bibliogr.: 77 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.061802.
- 684 Zhulanov V. Development of the ATLAS Liquid Argon (LAR) Calorimeter readout electronics for the HL-LHC // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 8, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C08018. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/08/C08018.
- 685 Kaminskiy V.V., Kudryavtsev V.N., Nikolaev I.B., Shekhtman L.I., Zakharov S.A. The GEM-based detector for tracking the Compton-scattered photons in the Laser Polarimeter facility at VEPP4-M collider // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 8, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C08019. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/08/C08019.
- 686 Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Precise measurements of branching fractions for D_s^+ meson decays to two pseudoscalar mesons // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 8. - Art.nr 146. - Bibliogr.: 33 ref. - DOI 10.1007/JHEP08(2020)146.
- 687 Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Study of the ψ_2 (3823) and χ_{c1} (3872) states in $B^+ \rightarrow (J/\psi \pi^+ \pi^-) K^+$ decays // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 8. - Art.nr 123. - Bibliogr.: 127 ref. - DOI 10.1007/JHEP08(2020)123.
- 688 Aaboud M., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Measurements of top-quark pair spin correlations in the $e\mu$ channel at $\sqrt{s}=13$ TeV using pp collisions in the ATLAS detector // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 8. - Art.nr 754. - Bibliogr.: 94 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-8181-6.
- 689 Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Search for a scalar partner of the top quark in the all-hadronic $t\bar{t}$ plus missing transverse momentum final state at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 8. - Art.nr 737. - Bibliogr.: 137 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-8102-8.
- 690 Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Search for direct production of electroweakinos in final states with one lepton, missing transverse momentum and a Higgs boson decaying into two b-jets in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 8. - Art.nr 691. - Bibliogr.: 93 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-8050-3.
- 691 Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y. Search for a light pseudoscalar Higgs boson in the boosted $\mu\mu\pi\pi$ final state in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 8. - Art.nr 139. - Bibliogr.: 74 ref. - DOI 10.1007/JHEP08(2020)139.
- 692 Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Performance of the missing transverse momentum triggers for the ATLAS detector during Run-2 data taking // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 8. - Art.nr 80. - Bibliogr.: 51 ref. - DOI 10.1007/JHEP08(2020)080.
- 693 Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Combination of the W boson polarization measurements in top quark decays using ATLAS and CMS data at $\sqrt{s} = 8$ TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 8. - Art.nr 51. - Bibliogr.: 58 ref. - DOI 10.1007/JHEP08(2020)051.
- 694 Fadin V.S. BFKL Equation: Status and Problems // Physics of Particles and Nuclei. - 2020. - Vol. 51, Is. 4. - P. 497-502. - Bibliogr.: 35 ref. - DOI 10.1134/S1063779620040267.
- 695 Bondar A., Borisova E., Buzulutskov A., Frolov E., Oleynikov V., Sokolov A. Observation of unusual slow components in electroluminescence signal of two-phase argon detector // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 6, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C06064. - Bibliogr.: 44 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/06/C06064.
- 696 Ivanova A., Budnev N., Chiavassa A., Dyachok A., Fedorov O., Gafarov A., Garmash A., Grebenyuk V., Gress O., Gress T., Grishin O., Grinyuk A., Horns D., Kalmykov N., Kazarina Y.A., Kindin V., Kiryuhin S., Kokoulin R., Kompaniets K., Korosteleva E., Kozhin V., Kravchenko E., Krykov A., Kuzmichev L., Lagutin A., Lemeshev Y., Lenok V., Lubsandorzhev B., Lubsandorzhev N., Mirgazov R., Mirzoyan R., Monkhoev R., Osipova E., Pakhorukov A., Pan A., Panasyuk M., Pankov L., Petrukhin A., Poleschuk V., Popesku M., Popova E., Porelli A., Postnikov E., Prosin V.V., Ptuskin V.S., Pushnin A.A., Raikin R., Rubtsov G., Rybov E., Sagan Y., Samoliga V., Silaev A., Silaev Jr. A., Sidorenkov A., Skurikhin A., Slu necka C., Sokolov A., Spiering C., Suvorkin Y., Sveshnikova L., Tabolenko V., Tanaev A., Tarashansky B., Ternovoy M., Tkachev L., Tluczykont M., Ushakov N., Vaidyanathan A., Volchugov P., Voronin D., Wischnewski R., Zagorodnikov A., Zhurov D., Yashin I. Design features and data acquisition system of the TAIGA-Muon scintillation array // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 6, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C06057. - Bibliogr.: 10 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/06/C06057.
- 697 Dostovalov A. V., Wolf A.A., Simonov V.A., Korobeynikov M.V., Bryazgin A., Kashaykin P.F., Yakushin S.S., Mikhailenko M., Babin S.A. Study of radiation-induced spectral changes of femtosecond laser written FBG in metal and polyimide coated fiber // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. - 2020. - Vol. 11354: SPIE Photonics Europe : Optical Sensing and Detection VI, Online Only, France, 6-10 April 2020. - Art.nr 113542J. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1117/12.2555818.
- 698 Дарьин А.В., Чу Г., Сан Ц., Бабич В.В., Калугин И.А., Маркович Т.И., Новиков В.С., Дарьин Ф.А., Ракшун Я.В. Архив климатических изменений и сейсмических событий в ледниковых глинах озера Кучерлинского (Алтай) // Geodynamics and Tectonophysics. - 2020. - Vol. 11, Is. 3. - P. 624-631. - Библиогр.: 13 назв. - DOI 10.5800/GT-2020-11-3-0495.
- 699 Лисицын В.М., Лисицына Л.А., Голковский М.Г., Мусаханов Д.А., Ермолаев А.В. Формирование люминесцирующей высокотемпературной керамики в мощном потоке высокоэнергетических электронов // Известия вузов. Физика. - 2020. - Т. 63, № 9. - С. 150-156. - Библиогр.: 20 назв. - DOI 10.17223/00213411/63/9/150.
- 700 Князев Б.А., Винокуров Н.А., Герасимов В.В., Гетманов Я.В., Горбачев Я.И., Жукавин Р.Х., Камешков О.Э., Кубарев В.В., Кулипанов Г.Н., Никитин А.К., Осинцева Н.Д., Павельев В.С., Чесноков Е.Н., Чопорова Ю.Ю., Шевченко О.А. Терагерцовая фотоника и спектроскопия на новосибирском лазере на свободных электронах // Интерэкспо Гео-Сибирь. - 2020. - Т. 8: Национальная конференция с международным участием «СИБОПТИКА-2020», № 1. - С. 3-26. - Библиогр.: 22 назв. - DOI 10.33764/2618-981X-2020-8-1-3-26.
- 701 Аржанников А.В., Князев Б.А. Первые интернет-олимпиады по физике между объединенными российско-американскими командами старшеклассников // Сибирский физический журнал. - 2020. - Т. 15, № 1. - С. 106-136. - DOI 10.25205/2541-9447-2020-15-1-106-136.
- 702 Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Multiplicity dependence of inclusive J/ψ production at midrapidity in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 810. - Art.nr 135758. - Bibliogr.: 41 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135758.

- 703 **Lee R.N.** Electron-positron annihilation to photons at $O(\alpha^3)$ revisited // Nuclear Physics B. - 2020. - Vol. 960. - Art.nr 115200. - Bibliogr.: 15 ref. - DOI 10.1016/j.nuclphysb.2020.115200.
- 704 **Bykov T., Goloshevskii N., Gromilov S., Kasatov D., Kolesnikov Ia., Koshkarev A., Makarov A., Ruktuev A., Shchudlo I., Sokolova E., Taskaev S.** In situ study of the blistering effect of copper with a thin lithium layer on the neutron yield in the $7\text{Li}(p,n)7\text{Be}$ reaction // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. B. - 2020. - Vol. 481. - P. 62-81. - Bibliogr.: 36 ref. - DOI 10.1016/j.nimb.2020.08.010.
- 705 **Uskov A.A., Fedotov G. V., Ivanov V. L., Akhmetshin R.R., Amirkhanov A.N., Anisenkov A.V., Aulchenko V.M., Banzarov V. S., Bashotov N.S., Berkaev D. E., Bondar A.E., Bragin A. V., Eidelman S. I., Epifanov D.A., Epshteyn L.B., Erofeev A.L., Gayazov S. E., Gerasimov R. E., Grebenuk A.A., Gribov S.S., Grigoriev D.N., Ignatov F.V., Karpov S.V., Kazanin V.F., Kirpotin A.N., Koop I.A., Korobov A.A., Kozyrev A.N., Kozyrev E.A., Krokovny P.P., Kuzmenko A.E., Kuzmin A.S., Logashenko I.B., Lukin P. A., Mikhailov K.Yu., Okhapkin V.S., Otboev A.V., Pestov Yu.N., Popov A. S., Razuvaev G.P., Rogovsky Yu. A., Ruban A.A., Ryskulov N. M., Ryzhenkov A.E., Senchenko A.I., Shebalin V.E., Shemyakin D.N., Shwartz B.A., Shwartz D. B., Sibidanov A.L., Shatunov P.Yu., Shatunov Yu.M., Solodov E.P., Talyshiev A.A., Titov V.M., Tolmachev S. S., Vorobiov A.I., Zemlyansky I.M., Yudin Yu.V.** Study of the process $e^+e^- \rightarrow K_S^0 \pi^+ \pi^-$ with CMD-3 detector // Physica Scripta. - 2020. - Vol. 95, Is. 10. - Art.nr 104002. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1088/1402-4896/abb694.
- 706 **Decking W., Collab. DESY, Abramsky A., Anashin V., Bak P., Belikov O., Belova L., Cheskidov V., Gusev G., Kholopov M., Kosarev A., Kozak V., Krasnov A., Kulikov V., Kuzminykh V., Mamoshkina E., Morozov I., Nefedov N., Okunev I., Ottmar A., Pivovarov S., Pyata E., Semenov E., Torbin I., Zhukov A., Zolotukhina N.** Author Correction: A MHz-repetition-rate hard X-ray free-electron laser driven by a superconducting linear accelerator // Nature Photonics. - 2020. - Vol. 14, Is. 10. - P. 650. - DOI 10.1038/s41566-020-0680-3.
- 707 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamov T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezo P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.** Search for direct production of electroweakinos in final states with missing transverse momentum and a Higgs boson decaying into photons in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 10. - Art.nr 5. - Bibliogr.: 117 ref. - DOI 10.1007/JHEP10(2020)005.
- 708 **Chesnokov E.N., Kubarev V.V., Krasnoperov L.N., Koshlyakov P.V.** Magnetic field effect on the free induction decay of hydroxyl radicals (OH) in the terahertz region // Physical chemistry chemical physics. - 2020. - Vol. 22, Is. 36. - P. 20248-20252. - Bibliogr.: 30 ref. - DOI 10.1039/d0cp02773a.
- 709 **Achasov M.N., Bogdanchikov A.G., Druzhinin V.P., Korol A.A., Kovrizhin D.P., Melnikova N.A., Serebnyakov S.I., Surin I.K., Tekut'ev A. I., Usov Y.V., Zhulanov V.V.** SND electromagnetic calorimeter time measurement and its applications // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 9, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24-28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C09042. - Bibliogr.: 12 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/09/C09042.
- 710 **Astapov I., Collab. TAIGA, Garmash A., Kravchenko E., Sokolov A., Vorobyev V.** An approach for identification of ultrahigh energy extensive air showers with scintillation detectors at TAIGA experiment // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 9, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24-28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C09037. - Bibliogr.: 11 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/09/C09037.
- 711 **Budnev N., Collab. TAIGA, Garmash A., Kravchenko E., Sokolov A.** TAIGA-An advanced hybrid detector complex for astroparticle physics and high energy gamma-ray astronomy in the Tunka valley // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 9, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24-28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C09031. - Bibliogr.: 36 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/09/C09031.
- 712 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Constraining the Chiral Magnetic Effect with charge-dependent azimuthal correlations in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ and 5.02 TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 9. - Art.nr 160. - Bibliogr.: 65 ref. - DOI 10.1007/JHEP09(2020)160.
- 713 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** J/ψ production as a function of charged-particle multiplicity in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 8.16$ TeV // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 9. - Art.nr 162. - Bibliogr.: 66 ref. - DOI 10.1007/JHEP09(2020)162.
- 714 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** (Anti-)deuteron production in pp collisions at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$ // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 9. - Art.nr 889. - Bibliogr.: 36 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-8256-4.
- 715 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y.** Search for supersymmetry in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV in events with high-momentum Z bosons and missing transverse momentum // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 9. - Art.nr 149. - Bibliogr.: 86 ref. - DOI 10.1007/JHEP09(2020)149.
- 716 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B.** Observation of the $Y(4220)$ and $Y(4390)$ in the process $e^+e^- \rightarrow \eta J/\psi$ // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 3. - Art.nr 031101. - Bibliogr.: 48 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.031101.
- 717 **Barnyakov A.Yu., Collab. Super Charm-Tau Factory** The project of the Super Charm-Tau Factory in Novosibirsk // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1561: Detection Systems and Techniques in Nuclear and Particle Physics (DeSyT2019), 11-13 September 2019, Messina, Italy, Is. 1. - Art.nr 012004. - Bibliogr.: 21 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1561/1/012004.
- 718 **Chashchina O.I., Sen A., Silagadze Z.K.** On deformations of classical mechanics due to plank-scale physics // International Journal of Modern Physics D. - 2020. - Vol. 29, Is. 10. - Art.nr 2050070. - Bibliogr.: 146 ref. - DOI 10.1142/S0218271820500704.
- 719 **Колесников Я.А., Сорокин И.Н., Таскаев С.Ю.** Повышение электрической прочности ускорителя-тандема с вакуумной изоляцией // Приборы и техника эксперимента. - 2020. - № 6. - С. 17-25. - Библиогр.: 6 назв. - DOI 10.31857/S0032816220060105.
- 720 **Анашин В.В., Краснов А.А., Семенов А.М.** Изучение газопоглощающих свойств геттерных насосов по различным газам // Приборы и техника эксперимента. - 2020. - № 6. - С. 109-114. - Библиогр.: 5 назв. - DOI 10.31857/S0032816220050250.
- 721 **Ковалевский К.А., Чопорова Ю.Ю., Жукавин Р.Х., Абросимов Н.В., Павлов С.Г., Hubers H.-W., Цыпленков В.В., Кукотенко В.Д., Князев Б.А., Шасти В.Н.** Релаксация возбужденных состояний мышьяка в деформированном германии // Физика и техника полупроводников. - 2020. - Т. 54, № 10. - С. 1145-1149. - Библиогр.: 13 назв. - DOI 10.21883/FTP.2020.10.49959.41.
- 722 **Тодышев К.Ю.** Измерение инклюзивного сечения e^+e^- -аннигиляции в адроны в предасимптотической области энергий // Успехи физических наук. - 2020. - Т. 190, № 9. - С. 995-1005. - Библиогр.: 75 назв. - DOI 10.3367/UFN.2020.02.038731.
- 723 **Cheblakov P.B., Karraev S.E., Gerasev A.V., Senkov D.V.** Power Supply Controller for Future Accelerator Facilities at BINP // Proceedings of the 17th International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems: ICALEPCS 2019, NY, USA, 7-11 October 2019. - Geneva : JACoW, 2020. - P. 1145-1148. - Bibliogr.: 6 ref. - DOI 10.18429/JACoW-ICALEPCS2019-WEPHA028.
- 724 **Gerasev A.V., Cheblakov P.B.** Control System for Fast Components of Electron Beam Welding Machines // Proceedings of the 17th International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems: ICALEPCS 2019, NY, USA, 7-11 October 2019. - Geneva : JACoW, 2020. - P. 1516-1518. - Bibliogr.: 12 ref. - DOI 10.18429/JACoW-ICALEPCS2019-WESH3002.
- 725 **Bourtembourg R., James S., Pons J.L., Verdier P., Cuni G., Rubio-Manrique S., Fatkin G.A., Senchenko A.I., Sitnov V., Pivetta L., Scafuli C., Scalamera G., Strangolino G., Zambon L., Carlo M.Di** Pushing the Limits of Tango Archiving System using PostgreSQL and Time Series Databases // Proceedings of the 17th International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems: ICALEPCS 2019, NY, USA, 7-11 October 2019. - Geneva : JACoW, 2020. - P. 1116-1121. - Bibliogr.: 21 ref. - DOI 10.18429/JACoW-ICALEPCS2019-WEPHA020.
- 726 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y.** Observation of the $B^0_s \rightarrow X(3872)\phi$ Decay // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 125, Is. 15. - Art.nr 152001. - 18 p. - Bibliogr.: 33 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.152001.
- 727 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y.** Search for a light charged Higgs boson in the $H_{\pm} \rightarrow cs$ channel in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 7. - Art.nr 072001. - 26 p. - Bibliogr.: 65 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.072001.

- 728 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y. Observation of the Production of Three Massive Gauge Bosons at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$** // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 125, Is. 15. - Art.nr 151802. -18 p. - Bibliogr.: 61 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.151802.
- 729 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of the Doubly Cabibbo-Suppressed Decay $D^+ \rightarrow K^+ \pi^+ \pi^-$ and Evidence for $D^+ \rightarrow K^+ \omega$** // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 125, Is. 14. - Art.nr 141802. -9 p. - Bibliogr.: 43 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.141802.
- 730 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Improved model-independent determination of the strong-phase difference between D^0 and $\bar{D}^0 \rightarrow K^0 s, \bar{K}^0 K^+ K^-$ decays** // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 5. - Art.nr 052008. -27 p. - Bibliogr.: 51 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.052008.
- 731 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Measurements of the absolute branching fractions of $D^{0(*)} \rightarrow K^+ K^- \pi \pi$ decays** // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 5. - Art.nr 052006. -11 p. - Bibliogr.: 46 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.052006.
- 732 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. First observation of the decay $B^0 \rightarrow D^0 D^0 K^+ \pi^-$** // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 5. - Art.nr 051102. -11 p. - Bibliogr.: 45 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.051102.
- 733 **Grozin A.G. HQET vertex diagram: epsilon expansion** // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 5. - Art.nr 054022. -9 p. - Bibliogr.: 16 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.054022.
- 734 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Dijet Resonance Search with Weak Supervision Using $\sqrt{s}=13\text{TeV}$ ppCollisions in the ATLAS Detector** // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 125, Is. 13. - Art.nr 131801. -23 p. - Bibliogr.: 116 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.131801.
- 735 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Search for intermediate resonances and dark gauge bosons in $J/\psi \rightarrow \gamma \pi^0 \eta'$** // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 5. - Art.nr 052005. -13 p. - Bibliogr.: 29 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.052005.
- 736 **Solyankin P.M., Lakatosh B.V., Krivokorytov M.S., Tsygvintsev I.P., Sinko A.S., Kotelnikov I.A., Makarov V.A., Coutaz J.L., Medvedev V.V., Shkurinov A.P. Single Free-Falling Droplet of Liquid Metal as a Source of Directional Terahertz Radiation** // Physical Review Applied. - 2020. - Vol. 14, Is. 3. - Art.nr 034033. -15 p. - Bibliogr.: 58 ref. - DOI 10.1103/PhysRevApplied.14.034033.
- 737 **Sirunyan A.M., CMS Collaboration Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Measurement of CKM matrix elements in single top quark t-channel production in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$** // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 808. - Art.nr 135609. -31 p. - Bibliogr.: 70 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135609.
- 738 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Measurement of the $Y(1S)$ pair production cross section and search for resonances decaying to $Y(1S) \mu^+ \mu^-$ in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$** // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 808. - Art.nr 135578. -27 p. - Bibliogr.: 44 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135578.
- 739 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Measurement of singly Cabibbo-suppressed decays $D \rightarrow \omega \pi \pi$** // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 5. - Art.nr 052003. -12 p. - Bibliogr.: 27 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.052003.
- 740 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Search for CP violation and observation of P violation in $\Lambda^0 b \rightarrow p \pi^+ \pi^- \pi^0$ decays** // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 5. - Art.nr 051101. -12 p. - Bibliogr.: 33 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.051101.
- 741 **Grozin A.G., Marquard P., Smirnov A.V., Smirnov V.A., Steinhäuser M. Matching the heavy-quark fields in QCD and HQET at four loops** // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 5. - Art.nr 054008. -22 p. - Bibliogr.: 59 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.054008.
- 742 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Studies of Charm Quark Diffusion inside Jets Using Pb-Pb and ppCollisions at $\sqrt{s}(NN)=5.02\text{TeV}$** // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 125, Is. 10. - Art.nr 102001. -18 p. - Bibliogr.: 58 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.102001.
- 743 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Inclusive charged and neutral particle multiplicity distributions χ_{CJ} and J/ψ decays** // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 5. - Art.nr 052001. -24 p. - Bibliogr.: 13 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.052001.
- 744 **Lee I.S., Kim S.H., Kim C.H., Cho H.E., Kim Y.J., Ahn J.K., Jang E.J., Choi S.K., Iwasaki Y., Kuzmin A., Unno Y., Cheon B.G. Progress on the Electromagnetic Calorimeter Trigger Simulation at the Belle II Experiment** // IEEE Transactions on Nuclear Science. - 2020. - Vol. 67, Is. 9. - P. 2143-2147. - Bibliogr.: 13 ref. - DOI 10.1109/TNS.2020.2986458.
- 745 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Measurement of the associated production of a Z boson with charm or bottom quark jets in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$** // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 3. - Art.nr 032007. -29 p. - Bibliogr.: 56 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.032007.
- 746 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Search for physics beyond the standard model in events with twosame-sign or at least three charged leptons in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$** // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 8. - Art.nr 752. -43 p. - Bibliogr.: 89 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-8168-3.
- 747 **Acharya S., Pestov Y., Collab. ALICE $K^*(892)^0$ and $\phi(1020)$ production at midrapidity in pp collisions at $\sqrt{s}=8\text{TeV}$** // Physical Review C. - 2020. - Vol. 102, Is. 2. - Art.nr 024912. -15 p. - Bibliogr.: 45 ref. - DOI 10.1103/PhysRevC.102.024912.
- 748 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Search for long-lived, massive particles in events with a displaced vertex and a muon with large impact parameter in pp collisions at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$ with the ATLAS detector** // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 3. - Art.nr 032006. -30 p. - Bibliogr.: 79 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.032006.
- 749 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Search for heavy neutral Higgs bosons produced in association with b-quarks and decaying into b-quarks t $\sqrt{s}=13\text{TeV}$ with the ATLAS detector** // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 3. - Art.nr 032004. -31 p. - Bibliogr.: 78 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.032004.
- 750 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y. Search for resonant pair production of Higgs bosons in the bbZZ channel in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$** // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 3. - Art.nr 032003. -26 p. - Bibliogr.: 71 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.032003.
- 751 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Study of central exclusive $\pi^+ \pi^-$ production in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=5.02$ and 13TeV** // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 8. - Art.nr 718. -28 p. - Bibliogr.: 50 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-8166-5.
- 752 **Turner M., Collab. AWAKE, Bastrukov M.A., Gorn A.A., Kargapolov I.Yu., Lotov K.V., Minakov V. A., Petrenko A., Tuv P.V. Experimental study of wakefields driven by a self-modulating proton bunch in plasma** // Physical Review Accelerators and Beams. - 2020. - Vol. 23, Is. 8. - Art.nr 081302. -8 p. - Bibliogr.: 37 ref. - DOI 10.1103/PhysRevAccelBeams.23.081302.
- 753 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of the branching fraction of the decay $B^0 s \rightarrow K^0 s K^0 s$** // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 1. - Art.nr 012011. -15 p. - Bibliogr.: 47 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.012011.

- 754 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Study of the process $e^+e^- \rightarrow \pi^0\pi^0 J/\psi$ and neutral charmoniumlike state $Z_c(3900)^0$ // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 1. - Art.nr 012009. -13 p. - Bibliogr.: 35 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.012009.**
- 755 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of a structure in $e^+e^- \rightarrow \phi\eta'$ at \sqrt{s} from 2.05 to 3.08 GeV // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 1. - Art.nr 012008. -9 p. - Bibliogr.: 47 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.012008.**
- 756 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y. Search for disappearing tracks in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 806. - Art.nr 135502. -27 p. - Bibliogr.: 50 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135502.**
- 757 **Ku Y., Collab. Belle, Eidelman S., Epifanov D., Gabyshev N., Garmash A., Krovovny P., Matvienko D., Shwartz B., Usov Y., Vinokurova A. Search for B^0 decays to invisible final states (γ) at Belle // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 1. - Art.nr 012003. -9 p. - Bibliogr.: 20 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.012003.**
- 758 **Chen Y.Q., Collab. Belle, Aulchenko V., Eidelman S., Epifanov D., Gabyshev N., Garmash A., Krovovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Dalitz analysis of $D^0 \rightarrow K^-\pi^+\eta$ decays at Belle // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 1. - Art.nr 012002. -12 p. - Bibliogr.: 32 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.012002.**
- 759 **Bondar A., Buzulutskov A., Frolov E., Parkhomchuk V., Petrozhitskiy A., Shakirova T., Sokolov A. Ion detector for Accelerator Mass Spectrometry based on low-pressure TPC with THGEM readout // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 7, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C07025. -10 p. - Bibliogr.: 12 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/07/C07025.**
- 760 **Galashov E.N., Matvienko D.V., Moskovskiy V.A., Sikach B.I., Shwartz B.A. Scintillation properties of $(Zn_{0.9}Pb_{0.1})(W_{0.9}Mo_{0.1})O_4$ and $(Zn_{0.9}Cd_{0.1})(W_{0.9}Mo_{0.1})O_4$ mixed crystals // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 7, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C07028. -9 p. - Bibliogr.: 13 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/07/C07028.**
- 761 **Ivanov V. L., Bulzhenkov I.S., Epifanov D.A., Kuzmin A.S., Maksimov D.A., Oreshkin S.B., Osipov A.A., Prokhorova E.S., Shwartz B.A., Usov Yu.V., Vorobiev V.S., Yudin Yu.V. Simulation of the CsI crystal calorimeter of the detector of charm-tau factory in Novosibirsk // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 7, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C07026. -10 p. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/07/C07026.**
- 762 **Vadakeppattu V.K., Sokolov A.V., Shekhtman L.I., Maltsev T. V. Time Projection Chamber as Inner Tracker for Super Charm-Tau factory at BINP // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 7, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C07021. -6 p. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/07/C07021.**
- 763 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Shtol D., Skovpen Y. Strange hadron production in pp and pPb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV // Physical Review C. - 2020. - Vol. 101, Is. 6. - Art.nr 064906. -21 p. - Bibliogr.: 54 ref. - DOI 10.1103/PhysRevC.101.064906.**
- 764 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Model-independent determination of the relative strong-phase difference between D^0 and $D^0 \rightarrow K^*s_1\pi^+\pi^-$ and its impact on the measurement of the CKM angle φ_3 // Physical Review D. - 2020. - Vol. 101, Is. 11. - Art.nr 112002. -38 p. - Bibliogr.: 55 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.112002.**
- 765 **Lees J. P., Collab. BABAR, Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kozyrev E.A., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serebryakov S.I., Skovpen Y., Solodov E.P., Todyshev K.Yu. Search for lepton-flavor-violating decays $D^0 \rightarrow X^0 e \mu \tau$ // Physical Review D. - 2020. - Vol. 101, Is. 11. - Art.nr 112003. -11 p. - Bibliogr.: 46 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.101.112003.**
- 766 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Mixed higher-order anisotropic flow and nonlinear response coefficients of charged particles in PbPb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ and 5.02 TeV // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 6. - Art.nr 534. -25 p. - Bibliogr.: 50 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-7834-9.**
- 767 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Search for dijet resonances using events with three jets in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 805. - Art.nr 135448. -23 p. - Bibliogr.: 89 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135448.**
- 768 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. A measurement of the Higgs boson mass in the diphoton decay channel // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 805. - Art.nr 135425. -25 p. - Bibliogr.: 25 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135425.**
- 769 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. Jet-hadron correlations measured relative to the second order eventplane in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV // Physical Review C. - 2020. - Vol. 101, Is. 6. - Art.nr 064901. -19 p. - Bibliogr.: 74 ref. - DOI 10.1103/PhysRevC.101.064901.**
- 770 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Identification of heavy, energetic, hadronically decaying particles using machine-learning techniques // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 6. - Art.nr P06005. -87 p. - Bibliogr.: 107 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/06/P06005.**
- 771 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Measurements with silicon photomultipliers of dose-rate effects in the irradiation damage of plastic scintillator tiles in the CMS hadron endcap calorimeter // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 6. - Art.nr P06009. -48 p. - Bibliogr.: 42 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/06/P06009.**
- 772 **Иванов В.Л., Ахметшин Р.Р., Амирханов А.Н., Анисенков А.В., Аульченко В.М., Банзаров В.Ш., Баштовой Н.С., Беркаев Д.Е., Бондарь А.Е., Брагин А.В., Воробьев А.И., Гаязов С.Е., Гребенюк А.А., Грибанов С.С., Григорьев Д.Н., Епифанов Д.А., Ерофеев А.Л., Игнатов Ф.В., Карпов С.В., Казанин В.Ф., Козырев А.Н., Козырев А.Н., Кооп И.А., Коробов А.А., Кроковный П.П., Кузьмин А.С., Логашенко И.Б., Лукин П.А., Михайлов К.Ю., Охалкин В.С., Пестов Ю.Н., Попов А.С., Разуваев Г.П., Рубан А.А., Рыжененков А.Е., Рыскулов Н.М., Семенов А.В., Сибиданов А.Л., Солодов Е.П., Талышев А.А., Титов В.М., Толмачев С.С., Усков А.А., Федотович Г.В., Шебалин В.Е., Шварц Б.А., Шварц Д.Б., Шатунов Ю.М., Эйдельман С.И., Эпштейн Л.Б., Юдин Ю.В. Измерение сечения процесса $e^+e^- \rightarrow K^*K^0$ с детектором КМД-3 // Ядерная физика. - 2020. - Т. 83, № 5. - С. 444-450. - Библиогр.: 13 назв. - DOI 10.31857/S0044002720050141.**
- 773 **Ачасов М.Н., Барняков А.Ю., Байков А.А., Белобородов К.И., Бердюгин А.В., Богданчиков А.Г., Ботов А.А., Голубев В.Б., Димова Т.В., Дружинин В.П., Жабин В.Н., Жуланов В.В., Кардапольцев Л.В., Коврижин Д.П., Король А.А., Купич А.С., Мартин К.А., Мельникова Н.А., Мучной Н.Ю., Образовский А.Е., Пахтусова Е.В., Пугачев К.В., Савченко Я.С., Серафимов С.И., Силагадзе З.К., Сурин И.К., Усов Ю.В., Харламов А.Г., Штоль Д.А. Выделение процесса $e^+e^- \rightarrow \pi\pi^0$ по времени в калориметре // Ядерная физика. - 2020. - Т. 83, № 6. - С. 518-520. - Библиогр.: 7 назв. - DOI 10.31857/S004400272006001X.**
- 774 **Епифанов Д.А., Коллаб. Супер Чарм-Тау Фабрика Проект Супер Чарм-Тау Фабрики // Ядерная физика. - 2020. - Т. 83, № 6. - С. 521-525. - Библиогр.: 23 назв. - DOI 10.31857/S0044002720060136.**
- 775 **Бондарь А.Е., Борисова Е., Бузулуцков А.Ф., Олейников В.П., Соколов А.В., Фролов Е.А. Наблюдение необычной длинной компоненты в электролюминесцентном сигнале двухфазного детектора в аргоне // Ядерная физика. - 2020. - Т. 83, № 6. - С. 526-530. - Библиогр.: 16 назв. - DOI 10.31857/S0044002720060070.**
- 776 **Генцелев А.Н., Гольденберг Б.Г., Лемзяков А.Г. Рентгеношаблоны с многослойной несущей мембраной // Прикладная физика. - 2020. - № 5. - С. 109-115. - Библиогр.: 17 назв.**
- 777 **Генцелев А.Н., Дульцев Ф.Н., Варанд А.В., Кондратьев В.И. Способ изготовления микрофлюидных биочипов // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. - 2020. - № 12. - С. 105-112. - Библиогр.: 20 назв. - DOI 10.31857/S1028096020120122.**

- 778 **Баранов Г.Н., Купер К.Э., Пиминов П.А., Воблый П.Д., Легкодымов А.А., Шехтман Л.И., Шмаков А.Н., Левичев Е.Б. Гибридный девятиполюсный вигглер** как источник "жесткого" рентгеновского излучения на ускорительном комплексе ВЭПП-4 // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. - 2020. - № 12. - С. 50-53. - Библиогр.: 12 назв. - DOI 10.31857/S1028096020120080.
- 779 **Каргаполов И. Ю.** Обеспечение численной устойчивости трёхмерного кода для моделирования плазменного кильватерного ускорения LCODE-3D // Математика : Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции : МНСК-2020, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 г. - Новосибирск : НГУ, 2020. - С. 83. - Библиогр.: 1 назв.
- 780 **Грозин А.Г., Марквард П., Смирнов А.В., Смирнов В.А., Штайнхаузер М.** Связь полей тяжелого кварка в КХД и HQET в 4 петлях // Ядерная физика. - 2020. - Т. 83, № 6. - С. 550-552. - Библиогр.: 12 назв. - DOI 10.31857/S0044002720060173.
- 781 **Амиров В.Х., Горбовский А.И., Давыденко В.И., Дейчули П.П., Иванов А.А., Капитонов В.А., Мишагин В.В., Сорокин А.В., Шиховцев И.В.** Ионно-оптическая система с баллистической фокусировкой мощного инжектора пучка атомов дейтерия для нагрева плазмы // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез. - 2020. - Т. 43, № 3. - С. 111-117. - Библиогр.: 6 назв. - DOI 10.21517/0202-3822-2020-43-3-111-117.
- 782 **Солянкин П.М., Лакатош Б.В., Кривокорытов М.С., Котельников И.А., Макаров В.А., Цыгинцев И.П., Медведев В.В., Шуринов А.П.** Генерация терагерцового излучения в микрокапельных металлических мишенях // Мокеровские чтения: 11-я Международная научно-практическая конференция по физике и технологии наногетероструктурной СВЧ-электроники, Москва, 28 октября 2020 г. : Сборник трудов. - М. : МИФИ, 2020. - С. 117-118. - Библиогр.: 1 назв.
- 783 **Kolesnikov I.A., Sorokin I.N., Taskaev S.Yu.** Increasing the Electric Strength of a Vacuum-Insulated Tandem Accelerator // Instruments and Experimental Techniques. - 2020. - Vol. 63, Is. 6. - P. 807-815. - Bibliogr.: 6 ref. - DOI 10.1134/S0020441220060081.
- 784 **Grigorieva V.D., Shlegel V.N., Borovlev Y.A., Bekker T.B., Barabash A.S., Kononov S.I., Umato V.I., Borovkov V.I., Meshkov O.I.** Li2100epiMoO4 crystals grown by low-thermal-gradient Czochralski technique // Journal of Crystal Growth. - 2020. - Vol. 552. - Art.nr 125913. - 6 p. - Bibliogr.: 33 ref. - DOI 10.1016/j.jcrysgro.2020.125913.
- 785 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Search for a common baryon source in high-multiplicity pp collisions at the LHC // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 811. - Art.nr 135849. - 13 p. - Bibliogr.: 80 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135849.
- 786 **Anashin V.V., Krasnov A.A., Semenov A.M.** A Study of the Gettering Characteristics of Getter Pumps for Different Gases // Instruments and Experimental Techniques. - 2020. - Vol. 63, Is. 6. - P. 893-897. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1134/S0020441220050255.
- 787 **Lotov K.V., Minakov V. A.** Proton beam self-modulation seeded by electron bunch in plasma with density ramp // Plasma Physics and Controlled Fusion. - 2020. - Vol. 62, Is. 11. - Art.nr 115025. - 10 p. - Bibliogr.: 60 ref. - DOI 10.1088/1361-6587/abba42.
- 788 **Achasov M.N., Barnyakov A.Y., Baykov A.A., Beloborodov K.I., Berdyugin A.V., Berkaev D. E., Bogdanchikov A.G., Botov A.A., Dimova T.V., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kirpotin A.N., Kardapoltsev L.V., Kasaev A.S., Kharlamov A.G., Koop I.A., Korol A.A., Kovrizhin D.P., Kupich A.S., Martin K.A., Melnikova N.A., Muchnoy N.Y., Obrazovsky A.E., Pakhtusova E.V., Pugachev K.V., Rabusov D.V., Rogovsky Y.A., Savchenko Y.S., Senchenko A.I., Serednyakov S.I., Shatilov D.N., Shatunov Y.M., Shtol D.A., Shwartz D. B., Silagadze Z.K., Surin I.K., Timoshenko M.V., Usov Y.V., Zhabin V.N., Zhulanov V.V.** Study of the process $e^+e^- \rightarrow \eta\eta'$ in the energy range $\sqrt{s} = 1.05\text{-}2.00$ GeV with the SND detector // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 11. - Art.nr 1008. - 10 p. - Bibliogr.: 32 ref. - DOI 10.1140/epjcs/10052-020-08556-w.
- 789 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y.** Search for decays of the 125 GeV Higgs boson into a Z boson and a p or ϕ meson // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 11. - Art.nr 39. - 42 p. - Bibliogr.: 76 ref. - DOI 10.1007/JHEP11(2020)039.
- 790 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.** Search for new non-resonant phenomena in high-mass dilepton final states with the ATLAS detector // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 11. - Art.nr 5. - 41 p. - Bibliogr.: 52 ref. - DOI 10.1007/JHEP11(2020)005.
- 791 **Lees J. P., Collab. BABAR, Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kozyrev E.A., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Todyshv K.Yu.** Search for a Dark Leptophilic Scalar in e^+e^- Collisions // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 125, Is. 18. - Art.nr 181801. - 8 p. - Bibliogr.: 31 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.181801.
- 792 **Leshenok D., Nikitin S., Zhang Y., Zobov M.** Combined influence of beamstrahlung and coupling impedance on beam energy spread and length in future lepton colliders // Physical Review Accelerators and Beams. - 2020. - Vol. 23, Is. 10. - Art.nr 101003. - 7 p. - Bibliogr.: 27 ref. - DOI 10.1103/PhysRevAccelBeams.23.101003.
- 793 **Adlarson P., Collab. WASA-at-COSY, Bondar A., Shwartz B.** Search for the η mesic ${}^3\text{He}$ in the $pd \rightarrow d\pi^0$ reaction with the WASA-at-COSY facility // Physical Review C. - 2020. - Vol. 102, Is. 4. - Art.nr 044322. - 9 p. - Bibliogr.: 56 ref. - DOI 10.1103/PhysRevC.102.044322.
- 794 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Measurement of isolated photon-hadron correlations in $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV pp and p-Pb collisions // Physical Review C. - 2020. - Vol. 102, Is. 4. - Art.nr 044908. - 16 p. - Bibliogr.: 39 ref. - DOI 10.1103/PhysRevC.102.044908.
- 795 **Abudinen F., Collab. Belle II, Eidelman S., Garmash A., Krokovny P., Matvienko D., Remnev M., Vinokurova A.** Search for Axionlike Particles Produced in e^+e^- Collisions at Belle II // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 125, Is. 16. - Art.nr 161806. - 9 p. - Bibliogr.: 34 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.161806.
- 796 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Measurement of the Low-Energy Antideuteron Inelastic Cross Section // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 125, Is. 16. - Art.nr 162001. - 13 p. - Bibliogr.: 62 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.162001.
- 797 **Nikitin A.K., Khitrov O.V., Gerasimov V.V.** Quality control of solid surfaces by the method of surface plasmon interferometry in the terahertz range // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1636: The XXII Russian National Conference on Non-Destructive Testing and Technical Diagnostics «Transformation of Non-Destructive Testing and Technical Diagnostics in the Era of Digitalization. Society Security in a Changing World»: RNCNDTTD 2020, Moscow, 3-5 March 2020. - Art.nr 012037. - 8 p. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1636/1/012037.
- 798 **Nikitin A.K., Gerasimov V.V., Knyazev B.A., Lien N.T.H., Trang T.T.** Control of the conducting surface by terahertz surface electromagnetic waves // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1636: The XXII Russian National Conference on Non-Destructive Testing and Technical Diagnostics «Transformation of Non-Destructive Testing and Technical Diagnostics in the Era of Digitalization. Society Security in a Changing World»: RNCNDTTD 2020, Moscow, 3-5 March 2020. - Art.nr 012036. - 8 p. - Bibliogr.: 12 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1636/1/012036.
- 799 **Kozyrev A.N., Ruban A.A., Shaikov D., Fedotov G. V., Grigoriev D.N., Epshteyn L.B.** SiPM readout prototype board performance // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 10, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), Novosibirsk, 24–28 February 2020. - Art.nr C10012. - 8 p. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/10/C10012.
- 800 **Kolesnikov P.A., Politov V.Yu., Li E.S., Yaskevich A.P., Kolesnikov S.A., Ekimov Yu.M., Malyshev M.A., Akhmetov A.R., Petrov D.V., Nikitin O.A., Penzin I.V., Trunov Yu.A., Atlukhanov M.G., Burdakov A.V., Danilov V.V., Kurkuchekov V.V., Popov S.S., Skovorodin D.I., Zhivankov K.I.** Technique for measuring of LIA spot size on target by X-rays propagating in beam backward direction // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 10. - Art.nr P10018. - 11 p. - Bibliogr.: 15 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/10/P10018.
- 801 **Telnov V.I.** Gamma-gamma collider with W $\gamma\gamma$ 12 GeV based on the 17.5 GeV SC linac of the European XFEL // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 10. - Art.nr P10028. - 11 p. - Bibliogr.: 17 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/10/P10028.
- 802 **Korobov A.A., Shwartz B.A., Vorobiov A.I.** CMD-3 muon system efficiency // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 10, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), Novosibirsk, 24–28 February 2020. - Art.nr C10018. - 8 p. - Bibliogr.: 7 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/10/C10018.

- 803 **Kasatov D., Kolesnikov Ia., Koshkarev A., Makarov A., Sokolova E., Shchudlo I., Taskaev S.** Method for in situ measuring the thickness of a lithium layer // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. 15, Is. 10. - Art.nr P10006. -12 p. - Bibliogr.: 17 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/10/P10006.
- 804 **Achasov M.N., Barnyakov A.Yu., Baykov A.A., Beloborodov K.I., Berdyugin A.V., Berkaev D. E., Bogdanchikov A.G., Botov A.A., Dimova T.V., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kirpotin A.N., Kardapolitsev L.V., Kasaev A.S., Kharlamov A.G., Koop I.A., Korol A.A., Kovrizhin D.P., Kupich A.S., Martin K.A., Melnikova N.A., Muchnoi N.Yu., Obrazovsky A.E., Pakhtusova E.V., Pugachev K.V., Rabusov D.V., Rogovsky Yu. A., Savchenko Y.S., Senchenko A.I., Serednyakov S.I., Shatilov D.N., Shatunov Yu.M., Shtol D.A., Shwartz D. B., Silagadze Z.K., Surin I.K., Timoshenko M.V., Usov Yu.V., Zhabin V.N., Zhulanov V.V.** Study of dynamics of the process $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ in the energy range 1.15–2.00 GeV // *European Physical Journal C*. - 2020. - Vol. 80, Is. 10. - Art.nr 993. -9 p. - Bibliogr.: 24 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-08524-4.
- 805 **Arsentyeva M.V., Berdnikov K.N., Levichev A.E.** Analysis of the particle longitudinal motion during the injection process into the disk loaded traveling wave accelerating structure // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. 15, Is. 10. - Art.nr P10015. -15 p. - Bibliogr.: 6 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/10/P10015.
- 806 **Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Y., Bobrovnikov V.S., Chizhik G.S., Kasyanenko P. V., Katcin A. A., Kladov V.A., Kononov S.A., Kudryavtsev V.N., Kuyanov I.A., Ovtin I.V., Porosev V.V., Prisekin V.G., Rodyakin V.A., Shekhtman L.I., Talyshiev A.A.** Experimental study of Cherenkov radiation component in LYSO(Ce) crystals // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. 15, Is. 10, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), Novosibirsk, 24–28 February 2020. - Art.nr C10010. -11 p. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/10/C10010.
- 807 **Gorkovenko A.O., Epshteyn L.B., Yudin Yu.V., Talyshiev A.A.** The CMD-3 Detector's Final Decision Block // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. 15, Is. 10, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), Novosibirsk, 24–28 February 2020. - Art.nr C10005. -8 p. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/10/C10005.
- 808 **Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Bobrovnikov V.S., Buzykaev A.R., Bykov A. V., Danilyuk A.F., Kasyanenko P. V., Katcin A. A., Kononov S.A., Kravchenko E.A., Kuyanov I.A., Onuchin A.P., Ovtin I.V., Podgornov N. A., Porosev V.V., Shalygin A.S., Shekhtman L.I., Talyshiev A.A.** FARICH detector beam test results // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. 15, Is. 10, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), Novosibirsk, 24–28 February 2020. - Art.nr C10014. -12 p. - Bibliogr.: 20 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/10/C10014.
- 809 **Kovalevsky K.A., Choporova Yu.Yu., Zhukavin R.Kh., Abrosimov N.V., Pavlov S.G., Hübers H.-W., Tsyplenkov V.V., Kukotenko V.D., Knyazev B.A., Shastin V.N.** Relaxation of the Excited States of Arsenic in Strained Germanium // *Semiconductors*. - 2020. - Vol. 54, Is. 10 : XXIV International Symposium "Nanophysics and Nanoelectronics", Nizhny Novgorod, 10-13 March 2020. - P. 1347-1351. - Bibliogr.: 13 ref. - DOI 10.1134/S1063782620100188.
- 810 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B.** Measurement of the absolute branching fraction of the inclusive decay $\Lambda^+c \rightarrow K^0SX$ // *European Physical Journal C*. - 2020. - Vol. 80, Is. 10. - Art.nr 935. -7 p. - Bibliogr.: 28 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-08447-0.
- 811 **Babusci D., Collab. KLOE-2, Ivanov V. L., Kozyrev E.A., Lukin P. A., Solodov E.P.** Upper limit on the $\eta \rightarrow \pi^+\pi^-$ branching fraction with the KLOE experiment // *Journal of High Energy Physics*. - 2020. - Vol. 2020, Is. 10. - Art.nr 47. -11 p. - Bibliogr.: 20 ref. - DOI 10.1007/JHEP10(2020)047.
- 812 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V.** Search for CP violation in $\Xi^+c \rightarrow pK^+\pi^+$ decays using model-independent techniques // *European Physical Journal C*. - 2020. - Vol. 80, Is. 10. - Art.nr 986. -16 p. - Bibliogr.: 56 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-8365-0.
- 813 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V.** Searches for low-mass dimuon resonances // *Journal of High Energy Physics*. - 2020. - Vol. 2020, Is. 10. - Art.nr 156. -26 p. - Bibliogr.: 60 ref. - DOI 10.1007/JHEP10(2020)156.
- 814 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** J/ψ elliptic and triangular flow in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV // *Journal of High Energy Physics*. - 2020. - Vol. 2020, Is. 10. - Art.nr 141. -31 p. - Bibliogr.: 82 ref. - DOI 10.1007/JHEP10(2020)141.
- 815 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Azimuthal correlations of prompt D mesons with charged particles in pp and p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV // *European Physical Journal C*. - 2020. - Vol. 80, Is. 10. - Art.nr 979. -27 p. - Bibliogr.: 73 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-8118-0.
- 816 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.** Measurements of the Higgs boson inclusive and differential fiducial cross sections in the 4ℓ decay channel at $\sqrt{s} = 13$ TeV // *European Physical Journal C*. - 2020. - Vol. 80, Is. 10. - Art.nr 942. -67 p. - Bibliogr.: 149 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-8223-0.
- 817 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.** Higgs boson production cross-section measurements and their EFT interpretation in the 4ℓ decay channel at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector // *European Physical Journal C*. - 2020. - Vol. 80, Is. 10. - Art.nr 957. -54 p. - Bibliogr.: 172 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-8227-9.
- 818 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.** Search for pairs of scalar leptiquarks decaying into quarks and electrons or muons in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector // *Journal of High Energy Physics*. - 2020. - Vol. 2020, Is. 10. - Art.nr 112. -44 p. - Bibliogr.: 75 ref. - DOI 10.1007/JHEP10(2020)112.
- 819 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.** Search for $t\bar{t}$ resonances in fully hadronic final states in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector // *Journal of High Energy Physics*. - 2020. - Vol. 2020, Is. 10. - Art.nr 61. -42 p. - Bibliogr.: 85 ref. - DOI 10.1007/JHEP10(2020)061.
- 820 **Arsentyeva M.V., Levichev A.E.** Simulations of the millimeter wavelength accelerating structure excitation // *Journal of Physics: Conference Series*. - 2020. - Vol. 1596: 4th European Advanced Accelerator Concepts Workshop (EAAC 2019), 15-20 September 2019, Isola d'Elba, Italy. - Art.nr 012024. -5 p. - Bibliogr.: 6 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1596/1/012024.
- 821 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.** Erratum to: Measurement of differential cross sections for single diffractive dissociation in $\sqrt{s} = 8$ TeV pp collisions using the ATLAS ALFA spectrometer (*Journal of High Energy Physics*, (2020), 2020, 2, (42), 10.1007/JHEP02(2020)042) // *Journal of High Energy Physics*. - 2020. - Vol. 2020, Is. 10. - Art.nr 182. -19 p. - Bibliogr.: 2 ref. - DOI 10.1007/JHEP10(2020)182.
- 822 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A.** Erratum: Measurement of differential cross sections and W^+W^- cross-section ratios for W boson production in association with jets at $\sqrt{s} = 8$ TeV with the ATLAS detector (*Journal of High Energy Physics*, (2018), 2018, 5, (77), 10.1007/JHEP05(2018)077) // *Journal of High Energy Physics*. - 2020. - Vol. 2020, Is. 10. - Art.nr 48. -20 p. - Bibliogr.: 3 ref. - DOI 10.1007/JHEP10(2020)048.

- 823 **Achasov M.N., Barnyakov A.Y., Beloborodov K.I., Berdyugin A.V., Berkaev D. E., Bogdanchikov A.G., Botov A.A., Golubev V.B., Dimova T.V., Druzhinin V.P., Zhabin V.N., Kardapoltsev L.V., Kasaev A.S., Kirpotin A.N., Kovrizhin D.P., Koop I.A., Korol A.A., Kupich A.S., Martin K.A., Melnikova N.A., Muchnoi N.Y., Obrazovskiy A.E., Otboev A.V., Pakhtusova E.V., Pugachev K.V., Rogovsky Yu.A., Savchenko Ya.S., Senchenko A.I., Serednyakov S.I., Silagadze Z.K., Surin I.K., Timoshenko M.V., Usov Yu.V., Kharlamov A.G., Shatunov Yu.M., Shwartz D. B., Shtol D.A.** Study of the process $e^+e^- \rightarrow \eta\pi\pi$ in the energy range $\sqrt{s} = 1.05\text{--}2.00$ GeV with the SND detector // *Physics of Atomic Nuclei*. - 2020. - Vol. 83, Is. 5. - P. 714-719. - Bibliogr.: 32 ref. - DOI 10.1134/S106377882005004X.
- 824 **Ivanov V. L., Akhmetshin R.R., Amirkhanov A.N., Anisenkov A.V., Aulchenko V.M., Banzarov V.Sh., Bashtovoy N.S., Berkaev D. E., Bondar A.E., Bragin A. V., Vorobiov A.I., Gayazov S. E., Grebenuk A.A., Gribanov S.S., Grigoriev D.N., Epifanov D.A., Erofeev A.L., Ignatov F.V., Karpov S.V., Kazanin V.F., Kozyrev A.N., Kozyrev E.A., Koop I.A., Korobov A.A., Krovovny P.P., Kuzmin A.S., Logashenko I.B., Lukin P. A., Mikhailov K.Yu., Okhapkin V.S., Pestov Yu.N., Popov A. S., Razuvaev G.P., Ruban A.A., Ryzhenkov A.E., Ryskulov N.M., Semenov A.V., Sibidanov A.L., Solodov E.P., Talyshv A.A., Titov V.M., Tolmachev S. S., Uskov A.A., Fedotov G. V., Shebalin V.E., Shwartz D. B., Shatunov Yu.M., Eidelman S. I., Epstein L.B., Yudin Yu.V.** Measurement of the Cross Section for the Process $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$ with the CMD-3 Detector // *Physics of Atomic Nuclei*. - 2020. - Vol. 83, Is. 5. - P. 731-737. - Bibliogr.: 13 ref. - DOI 10.1134/S1063778820050142.
- 825 **Ali A., Collab. PANDA, Barnyakov A., Beloborodov K., Blinov V., Kononov S., Kravchenko E., Kuyanov I.** Particle identification algorithms for the PANDA barrel DIRC // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. 15, Is. 9. Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C09057. -13 p. - Bibliogr.: 11 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/09/C09057.
- 826 **Schwarz C., Collab. PANDA, Barnyakov A., Beloborodov K., Blinov V., Kononov S., Kravchenko E., Kuyanov I.** The PANDA DIRCs // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. 15, Is. 9. Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C09059. -8 p. - Bibliogr.: 22 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/09/C09059.
- 827 **Unno Y., Collab. Belle II, Kuzmin A.** Performance of the Belle II calorimeter trigger system at the SuperKEKB Phase 3 run // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. 15, Is. 9. Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C09060. -6 p. - Bibliogr.: 7 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/09/C09060.
- 828 **Chernov D., Collab. TAIGA, Garmash A., Kravchenko E., Sokolov A., Vorobiov V.** Development of a novel wide-angle gamma-ray imaging air Cherenkov telescope with SiPM-based camera for the TAIGA hybrid installation // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. 15, Is. 9. Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C09062. -12 p. - Bibliogr.: 26 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/09/C09062.
- 829 **Sizov M.M., Starostenko A.A., Tsyganov A.S., Medvedev A.M.** Real time control system architecture for industrial electron beam welding facility based on FPGA [Электронный ресурс] // ICNSER2020: Proceedings of the 2nd International Conference on Industrial Control Network And System Engineering Research, Kuala Lumpur, Malaysia, 19-20 June 2020. - New York : ACM, 2020. - Art.nr 3411017. -4 p. - Bibliogr.: 12 ref. - DOI 10.1145/3411016.3411017.
- 830 **Ciullo G., Barion L., Statera M., Engels R., Grigoryev K., Huxold L., Büscher M., Hützen A., Fotev V.D., Ivshin K.A., Komarov E.N., Kotchenda L.M., Kravchenko P.V., Kravtsov P.A., Sherman S.G., Soloviev A.N., Soloviev I.N., Trofimov V.A., Vasilyev A.A., Vznuzdaev M.E., Toporov D., Rachek I.A., Shestakov Yu.V., Rakitzis T.P., Sofikitis D., Kannis C., Boulogiannis G.** The prefer (Polarization research for fusion experiments and reactors) - Collaboration: Purposes and present status // *Proceedings of Science*. - 2020. - Vol. 379: The 18th International Workshop on Polarized Sources, Targets, and Polarimetry (PSTP 2019), Knoxville, United States, 23-27 September 2019. - Art.nr PoS(PSTP2019)002. -10 p. - Bibliogr.: 20 ref. - DOI 10.22323/1.379.0002.
- 831 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.** Measurement of the $t\bar{t}$ production cross-section in the lepton+jets channel at TeV with the ATLAS experiment // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. 810. - Art.nr 135797. -22 p. - Bibliogr.: 92 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135797.
- 832 **Dolgov A.D., Gudkova K.S.** Massive photons and electrically charged black holes // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. 810. - Art.nr 135844. -4 p. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135844.
- 833 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y.** Investigation into the event-activity dependence of $Y(nS)$ relative production in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV // *Journal of High Energy Physics*. - 2020. - Vol. 2020, Is. 11. - Art.nr 001. -39 p. - Bibliogr.: 49 ref. - DOI 10.1007/JHEP11(2020)001.
- 834 **Nayak M., Collab. Belle, Eidelman S., Epifanov D., Gabyshev N., Garmash A., Krovovny P., Matvienko D., Usov Y., Vinokurova A., Zhilich V., Zhulanov V.** Measurement of the charm-mixing parameter y_{CP} in $D^0 \rightarrow K^0 S_w$ decays at Belle // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 102, Is. 7. - Art.nr 071102. -8 p. - Bibliogr.: 15 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.071102.
- 835 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.** Search for new phenomena in final states with large jet multiplicities and missing transverse momentum using $\sqrt{s} = 13$ TeV proton-proton collisions recorded by ATLAS in Run 2 of the LHC // *Journal of High Energy Physics*. - 2020. - Vol. 2020, Is. 10. - Art.nr 62. -53 p. - Bibliogr.: 92 ref. - DOI 10.1007/JHEP10(2020)062.
- 836 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krovovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V.** First branching fraction measurement of the suppressed decay $\Xi^0 c \rightarrow \pi^+ \Lambda^0 c$ // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 102, Is. 7. - Art.nr 071101. -11 p. - Bibliogr.: 32 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.071101.
- 837 **Sudnikov A.V., Beklemishev A.D., Inzhevatkina A.A., Ivanov I.A., Postupaev V.V., Burdakov A.V., Glinskiy V.V., Kuklin K.N., Rovenskikh A.F., Ustyuzhanin V.O.** Preliminary experimental scaling of the helical mirror confinement effectiveness // *Journal of Plasma Physics*. - 2020. - Vol. 86, Is. 5. - Art.nr 905860515. - Bibliogr.: 24 ref. - DOI 10.1017/S0022377820001245.
- 838 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.** Operation of the ATLAS trigger system in Run 2 // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. 15, Is. 10. - Art.nr P10004. -60 p. - Bibliogr.: 79 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/10/P10004.
- 839 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y.** Reconstruction of signal amplitudes in the CMS electromagnetic calorimeter in the presence of overlapping proton-proton interactions // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. 15, Is. 10. - Art.nr P10002. -46 p. - Bibliogr.: 31 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/10/P10002.
- 840 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.** Performance of the ATLAS muon triggers in Run 2 // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. 15, Is. 9. - Art.nr P09015. -58 p. - Bibliogr.: 48 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/09/P09015.
- 841 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y.** Pileup mitigation at CMS in 13 TeV data // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. 15, Is. 9. - Art.nr P09018. -59 p. - Bibliogr.: 42 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/09/P09018.
- 842 **Serdyukov D.S., Goryachkovskaya T.N., Mescheryakova I.A., Bannikova S.V., Kuznetsov S.A., Cherkasova O.P., Popik V.M., Peltek S.E.** Study on the effects of terahertz radiation on gene networks of *Escherichia coli* by means of fluorescent biosensors // *Biomedical Optics Express*. - 2020. - Vol. 11, Is. 9. - P. 5258-5273. - Bibliogr.: 68 ref. - DOI 10.1364/BOE.400432.
- 843 **Pugachev K.V., Dimova T.V., Kardapoltsev L.V., Korol A.A., Kovrizhin D.P., Shtol D.A.** DQM Tools and Techniques of the SND Detector // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. 15, Is. 9. Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding

- Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C09020. -9 p. - Bibliogr.: 10 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/09/C09020.
- 844 **Blinov V.E., Bedareva T.V., Zakharov S.A., Kaminskiy V.V., Kudryavtsev V.N., Muchnoi N.Yu., Nikitin S.A., Nikolaev I.B., Shekhtman L.I. Status of laser polarimeter at VEPP-4M // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 8, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C08024. - 11 p. - Bibliogr.: 18 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/08/C08024.**
- 845 **Prokhorova E. Study of the fast calorimeter prototype for modern e⁺e⁻ factories // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 8, Pt. Conference proceedings : The International Conference Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR2020), 24–28 February 2020, Novosibirsk, Russia. - Art.nr C08023. - 8 p. - Bibliogr.: 12 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/08/C08023.**
- 846 **Князев Б.А., Павельев В.С. Оптимизация параметров бинарных фазовых аксионов для генерации терагерцовых закрученных поверхностных плазмон-поляритонов на цилиндрических проводниках // Компьютерная оптика. - 2020. - Т. 44, № 5. - С. 852-858. - Библиогр.: 29 назв. - DOI 10.18287/2412-6179-CO-726.**
- 847 **Буцыкина М.Д., Ким Е.О. Смещение магнитной оси квадрупольной линзы путем создания асимметрии токов // Наукосфера. - 2020. - № 10(2). - С. 53-58. - Библиогр.: 7 назв.**
- 848 **Астрелин В.Т. Граничные условия в источнике электронного пучка на поверхности анодной плазмы со сверхзвуковым потоком ионов // Известия вузов. Физика. - 2020. - Т. 63, № 10. - С. 80-86. - Библиогр.: 11 назв. - DOI 10.17223/00213411/63/10/80.**
- 849 **Достовалов А.В., Вольф А.В., Симонов В.А., Коробейников М.В., Брызгин А.А., Кашайкин П.Ф., Михайленко М.А., Бабин С.А. Исследование радиационной стойкости волоконных брэгговских решеток // Труды XXX Международной конференции «Радиационная физика твердого тела», Севастополь, 24-29 августа 2020 г. - М.: НИИ перспективных материалов и технологий, 2020. - С. 52-60. - Библиогр.: 6 назв.**
- 850 **Чопорова Ю.Ю., Осинцева Н.Д., Павельев В.С., Тукмаков К.Н., Князев Б.А. Генерация закрученных и векторных пучков в терагерцовом диапазоне // 9й Международный семинар по волоконным лазерной динамике и временной релаксации в прикладной оптике // 9й Международный семинар по волоконным лазерам, Новосибирск, 20-24 сентября 2020 г. : Материалы семинара. - Новосибирск : ИАЭТ СО РАН, 2020. - С. 228-229. - Библиогр.: 6 назв. - DOI 10.31868/RFL2020.228-229.**
- 851 **Кукотенко В.Д., Чопорова Ю.Ю., Осинцева Н.Д., Жукавин Р.Х., Ковалевский К.А., Князев Б.А. Терагерцовая система «накачка-зондирование» на Новосибирском ЛСЭ для измерения временной динамики релаксации в прикладной оптике // 9й Международный семинар по волоконным лазерам, Новосибирск, 20-24 сентября 2020 г. : Материалы семинара. - Новосибирск : ИАЭТ СО РАН, 2020. - С. 226-227. - DOI 10.31868/RFL2020.226-227.**
- 852 **Kandaurov I.V., Kurkuchekov V.V. Measurements of electron emission current directly in apertures of a multiaperture diode with plasma cathode // 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE-2020 online), Tomsk, 14-25 September 2020 : Abstracts. - Tomsk : IAO SB RAS, 2020, [Pt. 1] : 21st International Symposium on High-Current Electronics. - P. 24. - Bibliogr.: 1 ref.**
- 853 **Akimov A.V., Bak P.A., Egorichev M.N. Pulse forming networks for high voltage pulse generators rated at voltage up to 50 kV, current up to 10 kA and flatpout duration from tens to hundreds nanoseconds // 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE-2020 online), Tomsk, 14-25 September 2020 : Abstracts. - Tomsk : IAO SB RAS, 2020, [Pt. 1] : 21st International Symposium on High-Current Electronics. - P. 88. - Bibliogr.: 1 ref.**
- 854 **Astrelin V.T., Bagryansky P.A., Skovorodin D.I., Soldatkina E.I. Calculation characteristics of the electron beam injected into the plasma of the open magnetic trap GDT // 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE-2020 online), Tomsk, 14-25 September 2020 : Abstracts. - Tomsk : IAO SB RAS, 2020, [Pt. 1] : 21st International Symposium on High-Current Electronics. - P. 169. - Bibliogr.: 5 ref.**
- 855 **Kuksanov N.K., Golubenko Yu.I., Salimov R.A., Fadeev S.N., Nemytov P.I., Korchagin A.I., Lavruchin A.V., Semenov A.V., Cherepkov V.G., Kogut D.A., Domarov E.V., Vorobiev D.S., Golkovsky M.G. High power dc electron accelerators of the ELV-type for research and industrial application // 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE-2020 online), Tomsk, 14-25 September 2020 : Abstracts. - Tomsk : IAO SB RAS, 2020, [Pt. 2] : 15th International Conference on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows. - P. 192. - Bibliogr.: 4 ref.**
- 856 **Boronina M.A., Dudnikova G.I., Efimova A.A., Genrikh E.A., Vshivkov V.A., Chernoshtanov I.S. Numerical study of diamagnetic regime in open magnetic trap // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1640: 3rd Virtual Workshop on Numerical Modeling in MHD and Plasma Physics, Novosibirsk, Russia, 12-16 October 2020. - Art.nr 012021. - 7 p. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1640/1/012021.**
- 857 **Arakcheev A.S., Lazareva G.G., Maksimova A.G., Popov V.G., Ivashin N.E. Calculation of the expansion dynamics of evaporated tungsten under the action of a laser pulse // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1640: 3rd Virtual Workshop on Numerical Modeling in MHD and Plasma Physics, Novosibirsk, Russia, 12-16 October 2020. - Art.nr 012007. - 9 p. - Bibliogr.: 11 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1640/1/012007.**
- 858 **Prikhodko V.V., Kotelnikov I.A., Chernoshtanov I.S. Simulations of parameters of the mirror trap-based neutron source limited by the development of DCLC instability // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1647: XLVII Zvenigorod International Conference on Plasma Physics and Controlled Fusion, Zvenigorod, Russia, 16-20 March 2020. - Art.nr 012005. - 6 p. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1647/1/012005.**
- 859 **Prikhodko V.V., Arzhannikov A.V. Simulations of fusion neutron source based on the axially symmetric mirror trap for the thorium hybrid reactor // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1647: XLVII Zvenigorod International Conference on Plasma Physics and Controlled Fusion, Zvenigorod, Russia, 16-20 March 2020. - Art.nr 012004. - 5 p. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1647/1/012004.**
- 860 **Arzhannikov A., Annenkov V., Ivanov I., Kalinin P., Kasatov A., Kuznetsov S., Kuklin K., Makarov M., Mekler K., Popov S., Rovenskikh A., Samtsov D., Sandalov E., Sinitsky S., Stepanov V., Timofeev I., Volchok E. Effect of plasma density gradients on generation of terahertz radiation in magnetized plasma column during relaxation of kiloampere REB inside it // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1647: XLVII Zvenigorod International Conference on Plasma Physics and Controlled Fusion, Zvenigorod, Russia, 16-20 March 2020. - Art.nr 012010. - 5 p. - Bibliogr.: 7 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1647/1/012010.**
- 861 **Arzhannikov A.V., Ivanov I.A., Kalinin P.V., Kasatov A.A., Makarov M.A., Mekler K.I., Rovenskikh A.F., Samtsov D.A., Sandalov E.S., Sinitsky S.L. Creation of plasma column with different density gradients to generate terahertz radiation during beam-plasma interaction // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1647: XLVII Zvenigorod International Conference on Plasma Physics and Controlled Fusion, Zvenigorod, Russia, 16-20 March 2020. - Art.nr 012011. - 6 p. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1647/1/012011.**
- 862 **Shamanin I.V., Shmakov V.M., Modestov D.G., Bedenko S.V., Polozov S.D., Prikhodko V.V., Arzhannikov A.V. Neutron data field in a fission reactor core with fusion neutron source at pulse-periodic operation // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1647: XLVII Zvenigorod International Conference on Plasma Physics and Controlled Fusion, Zvenigorod, Russia, 16-20 March 2020. - Art.nr 012007. - 7 p. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1647/1/012007.**
- 863 **Placzek W., Abramov A., Alden S.E., Alemany Fernandez R., Antsiferov P.S., Apyan A., Bartosik H., Bessonov E.G., Biancacci N., Bieroń J., Bogacz A., Bosco A., Bruce R., Budker D., Cassou K., Castelli F., Chaikovska I., Curatolo C., Czodrowski P., Derevianko A., Dupraz K., Duthell Y., Dzierżęga K., Fedosseev V., Fuster Martinez N., Gibson S.M., Goddard B., Gorzawski A., Hirlander S., Jowett J.M., Kersevan R., Kowalska M., Krasny M.W., Kroeger F., Kuchler D., Lamont M., Lefevre T., Manglunki D., Marsh B., Martens A., Molson J., Nutarelli D., Nevay L.J., Petrenko A., Petrillo V., Redaelli S., Peinaud Y., Pustelny S., Rochester S., Sapinski M., Schaumann M., Scrivens R., Serafini L., Shevelko V.P., Stoehliker T., Surzhykov A., Tolstikhina I., Velotti F., Weber G., Wu Y.K., Yin-Vallgren C., Zanetti M., Zimmermann F., Zolotarev M.S., Zomer F. The gamma factory project at cern: A new generation of research tools made of light // Acta Physica Polonica B. Proceedings Supplement. - 2020. - Vol. 13, Is. 4 : 45th Congress of Polish Physicists, Cracow, Poland, 13-18 September 2019. - P. 645-652. - Bibliogr.: 18 ref. - DOI 10.5506/APHYSPOLBSUPP.13.645.**
- 864 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Study of the lineshape of the $\chi_{c1}(3872)$ state // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 9. - Art.nr 092005. - 20 p. - Bibliogr.: 56 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.092005.**

- 865 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y.** W^+W^- boson pair production in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 102, Is. 9. - Art.nr 092001. -30 p. - Bibliogr.: 60 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.092001.
- 866 **Kubarev V.V., Sozinov G.I., Scheglov M.A., Vodopyanov A.V., Sidorov A.V., Melnikov A.R., Veber S.L.** The Radiation Beamline of Novosibirsk Free-Electron Laser Facility Operating in Terahertz, Far-Infrared, and Mid-Infrared Ranges // *IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology*. - 2020. - Vol. 10, Is. 6. - P. 634-646. - Bibliogr.: 67 ref. - DOI 10.1109/THZ.2020.3010046.
- 867 **Yelton J., Collab. Belle, Eidelman S., Epifanov D., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shwartz B., Usov Y., Vinokurova A., Vorobyev V., Zhilich V.** Study of electromagnetic decays of orbitally excited Ξ c baryons // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 102, Is. 7. - Art.nr 071103. -8 p. - Bibliogr.: 24 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.071103.
- 868 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.** A search for the Z γ decay mode of the Higgs boson in pp collisions at with the ATLAS detector // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. 809. - Art.nr 135754. -21 p. - Bibliogr.: 127 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135754.
- 869 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y.** Measurements of production cross sections of WZ and same-sign WW boson pairs in association with two jets in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. 809. - Art.nr 135710. -29 p. - Bibliogr.: 81 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135710.
- 870 **Khatsymovsky V.M.** On the Discrete Version of the Schwarzschild Problem // *Universe*. - 2020. - Vol. 6, Is. 10. - Art.nr 185. -16 p. - Bibliogr.: 43 ref. - DOI 10.3390/universe6100185.
- 871 **Молодин В.И., Мылникова Л.Н., Ненахов Д.А., Райнхольд С., Пархомчук Е.В., Пархомчук В.В.** Использование установки «Ускорительный масс-спектрометр ИЯФ СО РАН» для радиоуглеродного датирования комплексов эпохи раннего неолита памятника ТАРТАС-1 (среднее Приомье) // *Радиоуглерод в археологии и палеоэкологии: прошлое, настоящее, будущее. Материалы международной конференции, посвященной 80-летию старшего научного сотрудника ИИМК РАН, кандидата химических наук Ганны Ивановны Зайцевой, Санкт-Петербург, 23-25 ноября 2020 г.* - Санкт-Петербург : ИИМК РАН, 2020. - С. 57-58. - Библиогр.: 2 назв. - DOI 10.31600/978-5-91867-213-6-57-58.
- 872 **Бродников А.Ф.** Измерительная установка для определения вольтамперных характеристик композиционных сверхпроводников при изготовлении объектов криогенной техники // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. - 2020. - Т. 8: Национальная конференция с международным участием «СИБОПТИКА-2020», № 2. - С. 38-41. - Библиогр.: 4 назв. - DOI 10.33764/2618-981X-2020-8-2-38-41.
- 873 **Тен К.А., Прууэл Э.Р., Кашкаров А.О., Рубцов И.А., Титов В.М., Петров Д.В., Гармашев А.Ю., Смирнов Е.Б., Столбиков М.Ю., Малев В.В., Ширококов А.К., Секретарчук В.В., Шехтман Л.И., Жуланов В.В., Толочко Б.П.** Исследование динамики выброса «пылевого» облака при выходе сильной ударной волны на поверхность олова // IX Международная Конференция "Лаврентьевские Чтения по Математике, Механике и Физике", посвященная 120-летию академика М. А. Лаврентьева, Новосибирск, 7-11 сентября 2020 г. : Тезисы докладов. - Новосибирск : Ин-т гидродинамики им. М.А.Лаврентьева СО РАН, 2020. - С. 201.
- 874 **Рубцов И.А., Тен К.А., Прууэл Э.Р., Кашкаров А.О., Титов В.М., Толочко Б.П., Шехтман Л.И., Жуланов В.В.** Динамика среднего размера углеродных структур при детонации зарядов ВВ разного диаметра // IX Международная Конференция "Лаврентьевские Чтения по Математике, Механике и Физике", посвященная 120-летию академика М. А. Лаврентьева, Новосибирск, 7-11 сентября 2020 г. : Тезисы докладов. - Новосибирск : Ин-т гидродинамики им. М.А.Лаврентьева СО РАН, 2020. - С. 206.
- 875 **Getmanov Y.V., Shevchenko O.A., Vinokurov N.A., Matveev A.S.** Electron outcoupling experiments at the NOVOFEL facility // *AIP Conference Proceedings*. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020004. - Bibliogr.: 14 ref. - DOI 10.1063/5.0030846.
- 876 **Matveev A., Davidyuk I., Shevchenko O., Tcheskidov V., Vinokurov N., Volkov V.** Simulation and experimental study of beam dynamics in novofel RF gun and its beamline // *AIP Conference Proceedings*. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020006. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1063/5.0030844.
- 877 **Khrushchev S., Kanonik P., Lev V., Mezentsev N., Safronov A., Shkaruba V., Tsukanov V., Volkov A., Zorin A.** Magnetic measurements in small aperture of indirect cooling wiggler // *AIP Conference Proceedings*. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020012. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1063/5.0030374.
- 878 **Shevchenko O.A., Vinokurov N.A., Arbuzov V.S., Chernov K.N., Deichuly O.I., Demytyev E.N., Dovzhenko B.A., Getmanov Ya.V., Gorbachev Ya.I., Knyazev B.A., Kondakov A.A., Kozak V.R., Kozyrev E.V., Krutikhin S.A., Kubarev V.V., Kulipanov G.N., Kuper E.A., Kuptsov I.V., Kurkin G.Ya., Medvedev L.E., Motygin S.V., Ovchar V.K., Osipov V.N., Petrov V.M., Pilan A.M., Popik V.M., Repkov V.V., Salikova T.V., Scheglov M.A., Sedlyarov I.K., Serednyakov S.S., Skrinisky A.N., Tararyshkin S.V., Tribendis A.G., Tcheskidov V.G., Volkov V.N.** The Novosibirsk free electron laser facility // *AIP Conference Proceedings*. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020001. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1063/5.0031513.
- 879 **Gurov D., Zolotarev K., Utkin A.** Electromagnetic Undulator with switchable period for soft X-ray application in the SKIF project // *AIP Conference Proceedings*. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020016. - Bibliogr.: 3 ref. - DOI 10.1063/5.0030470.
- 880 **Zolotarev K.V., Legkodymov A.A.** The code for processing of the SRXRF spectra // *AIP Conference Proceedings*. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 070009. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1063/5.0030556.
- 881 **Sorokoletov D., Chernetskaja M., Rakshun Ia., Darin F.** An attempt of quantitative analysis of cyclical constituents in structure of scanning microfluorescence signal from human hair // *AIP Conference Proceedings*. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 070008. - Bibliogr.: 15 ref. - DOI 10.1063/5.0030334.
- 882 **Gorbachev Ya., Davidyuk I., Serednyakov S., Vinokurov N., Tcheskidov V., Pavlenko A., Batrakov A., Shtro K., Shevchenko O.** Measurements of magnetic field of variable period undulator and correction of field errors // *AIP Conference Proceedings*. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020009. - Bibliogr.: 11 ref. - DOI 10.1063/5.0031522.
- 883 **Tsukanov V.M., Khrushchev S.V., Mezentsev N.A., Safronov A.N., Shkaruba V.A.** Development of indirect cooling cryogenic system with nitrogen and helium heat pipes for superconducting insertion devices at BINP // *AIP Conference Proceedings*. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020018. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1063/5.0030402.
- 884 **Kanonik P., Shruschev S., Mezentsev N., Shkaruba V., Tarasenko O., Tsukanov V., Volkov A., Zorin A., Erokhin A., Bragin A.** Superconducting elliptical undulator // *AIP Conference Proceedings*. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020013. - Bibliogr.: 3 ref. - DOI 10.1063/5.0034755.
- 885 **Shkaruba V., Bragin A., Erokhin A., Gusev Ye., Kanonik P., Khrushchev S., Lev V., Mezentsev N., Safronov A., Tarasenko O., Tsukanov V., Volkov A., Zorin A.** Superconducting 3 Tesla 54-30eV indirect cooling wigglers with a period of 48 mm for Kurchatov Synchrotron Radiation Source // *AIP Conference Proceedings*. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020005. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1063/5.0030432.

- 886 **Kanonik P., Khruschev S., Mezentshev N., Shkaruba V., Tarasenko O., Tsukanov V., Volkov A., Zorin A., Erokhin A., Bragin A. Superconducting undulator with variable configuration of magnetic field // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020014. - Bibliogr.: 6 ref. - DOI 10.1063/5.0034757.**
- 887 **Legkodymov A.A., Zolotarev K.V., Kulipanov G.N.** The particularities of using of the hard X-rays (60 - 120 keV) of synchrotron radiation for determination the trace amounts of rare-earth elements by the SRXRF method // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 070002. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1063/5.0030853.
- 888 **Shekhtman L.I., Arakcheev A.S., Aulchenko V.M., Kudryavtsev V.N., Kutovenko V.D., Titov V.M., Zhulanov V.V. Detectors for fast time-resolved studies at SSRC, status and future // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 050003. - Bibliogr.: 20 ref. - DOI 10.1063/5.0030392.**
- 889 **Knyazev B.A.** Recent experiments in terahertz photonics, plasmonics, and spectroscopy at the Novosibirsk free electron laser facility // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 030001. - Bibliogr.: 32 ref. - DOI 10.1063/5.0030349.
- 890 **Vinokurov N.** Theory of multibunch storage ring with transverse feedback // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020017. - Bibliogr.: 2 ref. - DOI 10.1063/5.0030352.
- 891 **Shekhtman L., Aulchenko V., Kudryavtsev V., Kutovenko V., Titov V., Zhulanov V. Status of the development of the silicon microstrip detector for ultra-fast dynamic studies // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 050004. - Bibliogr.: 14 ref. - DOI 10.1063/5.0030393.**
- 892 **Vinokurov N., Shevchenko O.** Short-period undulators with electrostatic field // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020002. - Bibliogr.: 6 ref. - DOI 10.1063/5.0030351.
- 893 **Lachynov S.B., Vinokurov N.A.** Beam-beam compensation in a collider based on energy recovery linac and storage ring // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020011. - Bibliogr.: 6 ref. - DOI 10.1063/5.0030416.
- 894 **Kubarev V.V., Getmanov Ya.V., Shevchenko O.A.** Radiation stability and hyperfine mode structure of the terahertz NovoFEL // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020003. - Bibliogr.: 16 ref. - DOI 10.1063/5.0030503.
- 895 **Kameshkov O.E., Gerasimov V.V., Knyazev B.A.** Numerical simulation of interaction of terahertz waves with metal diffraction gratings // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 030012. - Bibliogr.: 11 ref. - DOI 10.1063/5.0030378.
- 896 **Kazantsev F., Kanonik P.** Pulsed wire field measurements of 38-period superconducting undulator prototype // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020015. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1063/5.0030373.
- 897 **Serednyakov S.S.** Using EPICS channel access protocol in Novosibirsk FeL control system // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020008. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1063/5.0031882.
- 898 **Bykov E.V., Gorbachev Y.I., Serednyakov S.S., Tararyshkin S.V. System for monitoring state of novosibirsk FEL optical channel using 1-wire devices // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020007. - Bibliogr.: 7 ref. - DOI 10.1063/5.0031881.**
- 899 **Baturina N., Darin F., Rakshun Ya., Sorokoletov D.** The application of micro-xRF-SR analysis for elements spreading investigation at benthos organisms from small rivers of the Novosibirsk area // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 070003. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.1063/5.0030504.
- 900 **Gerasimov V.V., Kameshkov O.E., Knyazev B.A.** THz gas sensing based on subwavelength rectangular metal grating in attenuated total reflection configuration // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 030013. - Bibliogr.: 29 ref. - DOI 10.1063/5.0030445.
- 901 **Lyubas G.A., Tolochko B.P., Ancharov A.I., Mikhailenko M.A., Varand A.V.** Dependence of spectral and luminescent properties of polymethylmethacrylate on its molecular weight // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 050007. - Bibliogr.: 7 ref. - DOI 10.1063/5.0034758.
- 902 **Razumov N., Tolochko B.** Calculation of thermal loads on X-ray mirror optics of synchrotron radiation source Skif // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 050006. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1063/5.0031177.
- 903 **Semenov A., Anashin V., Krasnov A.** Development of sputter ion pump with strong magnetic field for obtaining of ultra-high vacuum // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 020010. - Bibliogr.: 6 ref. - DOI 10.1063/5.0030428.
- 904 **Bukhtiyarov A.V., Bukhtiyarov V.I., Nikolenko A.D., Prosvirin I.P., Kvon R.I., Tereshchenko O.E.** "Electronic structure" beamline 1-6 at SKIF synchrotron facility // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 060003. - Bibliogr.: 17 ref. - DOI 10.1063/5.0030740.
- 905 **Korotaev E.V., Syrovkashin M.M., Filatova I.Yu., Trubina S.V., Nikolenko A.D., Ivlyushkin D.V., Zavertkin P.S., Kriventsov V.V. The conduction band of the lanthanide doped chromium disulfides CuCr_{0.99}Ln_{0.01}S₂ (Ln=La, Ce, Gd): XANES investigations // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 080004. - Bibliogr.: 22 ref. - DOI 10.1063/5.0030414.**
- 906 **Darin F., Kriventsov V., Sorokoletov D., Rakshun Ia., Darin A.** Search for and analysis of composition and structure of submicron-size particles in geological and environmental samples // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 070001. - Bibliogr.: 12 ref. - DOI 10.1063/5.0030411.
- 907 **Kazantsev S., Arakcheev A., Evdokov O., Shekhtman L., Tolochko B., Vaigel L.** Current status of the studies of X-ray diffraction on tungsten during pulsed heat loads at the scattering station «Plasma» at the VepP-4 source of synchrotron radiation // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 050002. - Bibliogr.: 3 ref. - DOI 10.1063/5.0030577.
- 908 **Nazmov V.P., Kriventsov V.V., Lyubas G.A., Mikhailenko M.A., Sharafutdinov M.R., Varand A.V.** W-containing PMMA-based nanocomposite // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 060009. - Bibliogr.: 11 ref. - DOI 10.1063/5.0030434.

- 909 **Khranova E., Lyakh E., Chankina O., Rakshun Ia., Sorokoletov D. Sr-XRFa in botanical research: Elemental composition of species of the genus *Syringa* (Oleaceae) under technogenic impact in Novosibirsk // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 070005. - Bibliogr.: 16 ref. - DOI 10.1063/5.0030552.**
- 910 **Rashchenko S. V., Skamarokha M.A., Baranov G.N., Zubavichus Ya.V., Rakshun Ia.V. Generation and use of coherent X-ray beams at future skif storage ring // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 060001. - Bibliogr.: 10 ref. - DOI 10.1063/5.0030346.**
- 911 **Lemzyakov A., Kuper K., Porosev V., Azarov I., Shklyayev A. The modification of optical properties of the surfaces by the glancing angle deposition of TiO2 // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 060008. - Bibliogr.: 18 ref. - DOI 10.1063/5.0030602.**
- 912 **Darin F., Sorokoletov D., Rakshun Ia., Darin A., Volodin A., Kriventsov V. Micro-XANES (W-L2) study of the Sikhote-Alin meteorite // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 080005. - Bibliogr.: 13 ref. - DOI 10.1063/5.0030495.**
- 913 **Nazmov V.P., Legkodomy A.A., Zhmodik S.M., Kulipanov G.N., Pokhilenko N. P. XRF microanalysis of thick objects // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 060017. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1063/5.0030498.**
- 914 **Ancharov A.I., Malikov A.G. Study of the local phase composition and morphology of laser welded joints based on titanium and aluminum alloys by diffraction of hard synchrotron radiation // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 040001. - Bibliogr.: 12 ref. - DOI 10.1063/5.0031046.**
- 915 **Averkiev I.K., Bakieva O.R., Kolotov A.A., Surnin D.V., Kriventsov V.V. Chemical composition and local atomic structure of ultrathin surface layers after implantation of argon and oxygen ions // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 080003. - Bibliogr.: 18 ref. - DOI 10.1063/5.0030463.**
- 916 **Nguyen T.V.A., Tolochko B.P., Mikhailenko M.A., Gerasimov K.B., Sharafutdinov M.R. Studying the effects of electron beam irradiation on thermal properties and particle size distribution of magnesium hydroxide // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 040005. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.1063/5.0030615.**
- 917 **Balash I., Arakcheev A., Sharafutdinov M., Shmakov A., Tolochko B., Vasilyev A. Measurement of the residual stresses dynamics in tungsten during heating // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 040006. - Bibliogr.: 6 ref. - DOI 10.1063/5.0030563.**
- 918 **Kriventsov V., Volodin A., Aksenov D., Iost K., Shlyapin D. Structural determination of active component of nanocomposite model metal-carbon catalysts // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 080006. - Bibliogr.: 11 ref. - DOI 10.1063/5.0031164.**
- 919 **Meshcheryakova I., Goryachkovskaya T., Bannikova S., Rozanov A., Demidova E., Oshchepkov D., Demidov E., Bryanskaya A., Vinokurov N., Popik V., Peltek S. Construction of a biosensor sensitive to terahertz radiation based on the glutamine synthetase gene promoter // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 030004. - Bibliogr.: 14 ref. - DOI 10.1063/5.0030598.**
- 920 **Zakharov B., Vinokurov Z., Rashchenko S., Shmakov A., Boldyreva E., Gromilov S., Sukhikh A., Komarov V., Larichev Yu., Tsybulya S., Semerikova A., Trebushinin A., Zubavichus Y., Rakshun Ia. A concept of 1-2 "structural diagnostics" diffraction beamline for "Skif" synchrotron radiation facility // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 060002. - Bibliogr.: 19 ref. - DOI 10.1063/5.0030401.**
- 921 **Berdyugin A., Tolochko B., Nazmov V., Kosov A., Evdokov O. Focusing system of synchrotron radiation with refractive mosaic lenses for the station "extreme state of matter" of the VEPP-4 // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 050005. - Bibliogr.: 10 ref. - DOI 10.1063/5.0033551.**
- 922 **Tolochko B.P., Shekhtman L.I., Zhogin I.L. Experimental implementation of X-ray powder diffraction by polychromatic synchrotron radiation in the range of 20-30 keV // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 050001. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1063/5.0033654.**
- 923 **Pavelyev V.S., Tukmakov K.N., Choporova Yu.Yu., Osintseva N.D., Knyazev B.A. Towards multichannel terahertz telecommunication based on mode division multiplexing // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 030002. - Bibliogr.: 20 ref. - DOI 10.1063/5.0030592.**
- 924 **Nikitin A.K., Khitrov O.V., Gerasimov V.V. Modeling of terahertz surface plasmon Fourier spectrometer // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 030005. - Bibliogr.: 31 ref. - DOI 10.1063/5.0030679.**
- 925 **Valeev R.G., Beltiukov A.N., Alalykin A.S., Kriventsov V.V. Ni nanocoatings on porous alumina: Structural properties vs matrices porosity // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 080001. - Bibliogr.: 13 ref. - DOI 10.1063/5.0030668.**
- 926 **Chesnokov E.N., Kubarev V.V., Krasnoperov L.N., Koshlyakov P.V. Non-Faraday rotation of the free induction decay of hydroxyl radical in terahertz region // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 030007. - Bibliogr.: 30 ref. - DOI 10.1063/5.0030409.**
- 927 **Khasanov I.Sh., Knyazev B.A., Nikitin A.K., Gerasimov V.V., Zykova L.A., Trang T.T. Enhancing resolution of terahertz surface plasmon resonance microscopy by classical ghost imaging using free electron laser radiation // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 030008. - Bibliogr.: 32 ref. - DOI 10.1063/5.0030496.**
- 928 **Melnikov A.R., Kiskin M.A., Getmanov Ya.V., Shevchenko O.A., Fedin M.V., Veber S.L. Technical and software improvements of the EPR spectroscopy endstation at the NOVOFEL facility: Status 2020 // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 030010. - Bibliogr.: 14 ref. - DOI 10.1063/5.0030338.**
- 929 **Nazmov V.P., Goldenberg B.G., Reznikova E.F., Boerner M. Self-aligned single-exposure deep X-ray lithography // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 060010. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.1063/5.0030469.**

- 930 **Chkhalo N.I., Malyshev I.V., Pestov A.E., Polkovnikov V.N., Reunov D.G., Salashchenko N.N., Toropov M.N., Chernov V.A., Rakshun Ia.V., Zolotarev K.V., Shchelokov I.A. X-ray optical scheme for station "nanoscope" for biological research in the water window // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 060005. - Bibliogr.: 28 ref. - DOI 10.1063/5.0031702.**
- 931 **Darin A., Chu G., Sun Q., Novikov V., Daryin F., Sorokoletov D., Rakshun Ia., Gogin A., Senin R. Analysis of the individual annual layers elemental composition in the Lake Kucherlinskoe (Altai) varves sediments with submicron spatial resolution by scanning μ -XRF-SR with X-ray optics (polycapillary lenses) // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 070007. - Bibliogr.: 16 ref. - DOI 10.1063/5.0030405.**
- 932 **Vishnyakov E.A., Shugarov A.S., Ivlyushkin D.V., Zavertkin P.S., Nikolenko A.D., Chervinskiy V.I., Pertsov A.A., Erkhova N.F., Kuzin S.V. Evaluation of CCD detector absolute responsivity with the aid of synchrotron radiation // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 060007. - Bibliogr.: 12 ref. - DOI 10.1063/5.0031240.**
- 933 **Tolmachev T.P., Pilyugin V.P., Ancharov A.I., Patselov A.M., Chernyshev E.G., Solov'eva Yu.V. Evaluation of the structural-phase characteristics of a supersaturated ultrafine-grained Au-Co solid solution by diffractometry in hard synchrotron radiation // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 040003. - Bibliogr.: 17 ref. - DOI 10.1063/5.0031132.**
- 934 **Zhukavin R.Kh., Kovalevsky K.A., Choporova Yu.Yu., Tsyplenkov V.V., Pavlov S.G., Abrosimov N.V., Bushuikin P.A., Deßmann N., Knyazev B.A., Hübers H.-W., Shastin V.N. The relaxation times of donor bound electrons in germanium // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2299, Is. 1 : International Conference on Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application (SFR 2020), Novosibirsk, Russia, 13-16 July 2020. - Art.nr 030006. - DOI 10.1063/5.0030450.**
- 935 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryatsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Search for the doubly heavy Ξ^{bc} baryon via decays to $D^0 pK^+$ // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 11. - Art.nr 95. - Bibliogr.: 65 ref. - DOI 10.1007/JHEP11(2020)095.**
- 936 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Erratum to: Measurements of top-quark pair differential and double-differential cross-sections in the $t\bar{t}$ jets channel with pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV using the ATLAS detector [Eur. Phys. J. C 79 (2019) 1028] (1028), 10.1140/epjc/s10052-019-7525-6 // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 11. - Art.nr 1092. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-08541-3.**
- 937 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Search for top squarks in events with a Higgs or Z boson using 139 fb⁻¹ of pp collision data at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 11. - Art.nr 1080. - Bibliogr.: 90 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-08469-8.**
- 938 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Evidence for $t\bar{t}$ production in the multilepton final state in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 11. - Art.nr 1085. - Bibliogr.: 82 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-08509-3.**
- 939 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Performance of the upgraded PreProcessor of the ATLAS Level-1 Calorimeter Trigger // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 11. - Art.nr P11016. - Bibliogr.: 32 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/11/P11016.**
- 940 **Bardakhanov S.P., Chakin I.K., Gaponenko V.R., Khartaeva E.Ch. Production of fine powders and their properties // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2288, Is. 1 : 27th Conference on High-Energy Processes in Condensed Matter (HEPCM 2020), Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics, SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation, 29 June - 3 July 2020. - Art.nr 030072. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1063/5.0029141.**
- 941 **Milstein A.I., Nikolaev N.N., Salnikov S.G. Parity Violation in Proton-Deuteron Scattering // JETP Letters. - 2020. - Vol. 112, Is. 6. - P. 332-336. - Bibliogr.: 33 ref. - DOI 10.1134/S0021364020180083.**
- 942 **Knyazev B.A., Pavelyev V.S. Optimization of parameters of binary phase axicons for the generation of terahertz vortex surface plasmon polaritons on cylindrical conductors // Computer Optics. - 2020. - Vol. 44, Is. 5. - P. 852-856. - Bibliogr.: 29 ref. - DOI 10.18287/2412-6179-CO-726.**
- 943 **Zyla P.A., Group Particle Data, Eidelman S., Vorobyev V. Review of particle physics // Progress of Theoretical and Experimental Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 8. - P. 1-2093. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1093/ptep/ptaa104.**
- 944 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of the decays $XcJ \rightarrow \Sigma^0 pK^+ + c.c.(J=0,1,2)$ // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 9. - Art.nr 092006. -10 p. - Bibliogr.: 27 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.092006.**
- 945 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y. Measurement of $B_c(2S)^+$ and $B^*c(2S)^+$ cross section ratios in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 9. - Art.nr 092007. -21 p. - Bibliogr.: 28 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.092007.**
- 946 **Arsentyeva M.V., Barnyakov A.M., Levichev A.E., Sumbaev A.P. Analysis of Focusing Properties of the Edge Electric Field of the Accelerating Structure of the Lue-200 Accelerator // Russian Physics Journal. - 2020. - Vol. 63, Is. 7. - P. 1133-1138. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.1007/s11182-020-02168-3.**
- 947 **Bolsunovsky A., Trofimova E., Dementyev D., Petrichenkov M. The long-term effects of gamma-radiation on the growth of Allium cepa-plants // International Journal of Radiation Biology. - 2020. -6 p. - Bibliogr.: 28 ref. - In press. - DOI 10.1080/09553002.2021.1844337.**
- 948 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y. Measurement of $t\bar{t}$ normalised multi-differential cross sections in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV, and simultaneous determination of the strong coupling strength, top quark pole mass, and parton distribution functions // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 7. - Art.nr 658. - Bibliogr.: 120 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-7917-7.**
- 949 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y. Measurement of electroweak production of a W boson in association with two jets in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 1. - Art.nr 43. - Bibliogr.: 82 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-019-7585-7.**
- 950 **Srednyakov S. Measurement of the neutron timelike electromagnetic form factor at the VEPP-2000 e^+e^- collider with the SND detector // LXX International Conference «NUCLEUS-2020»: Nuclear Physics and Elementary Particle Physics. Nuclear Physics Technologies, Saint Petersburg, 12 – 17 October 2020 : Book of abstracts. - Saint Petersburg : BBM Publishing House, 2020. - P. 171.**
- 951 **Aaboud M., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Determination of jet calibration and energy resolution in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV using the ATLAS detector // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 12. - Art.nr 1104. - Bibliogr.: 73 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-08477-8.**

- 952 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Dielectron production in proton-proton and proton-lead collisions at $\sqrt{s_{NN}}=5.02$ TeV // *Physical Review C*. - 2020. - Vol. **102**, Is. **5**. - Art.nr 055204. - Bibliogr.: 103 ref. - DOI 10.1103/PhysRevC.102.055204.
- 953 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V.** Observation of Enhanced Double Parton Scattering in Proton-Lead Collisions at $\sqrt{s_{NN}}=8.16$ TeV // *Physical Review Letters*. - 2020. - Vol. **125**, Is. **21**. - Art.nr 212001. - Bibliogr.: 97 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.212001.
- 954 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Elliptic and triangular flow of (anti)deuterons in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=5.02$ TeV // *Physical Review C*. - 2020. - Vol. **102**, Is. **5**. - Art.nr 055203. - Bibliogr.: 55 ref. - DOI 10.1103/PhysRevC.102.055203.
- 955 **Arzhannikov A.V., Ivanov I.A., Kasatov A.A., Kuznetsov S.A., Makarov M.A., Kuklin K.N., Popov S.S., Rovenskikh A.F., Samtsov D.A., Sandalov E.S., Sinitsky S.L., Stepanov V.D., Glinskiy V.V., Timofeev I.V.** Spatial and angular properties of megawatt flux of THz radiation generated at GOL-PET facility // *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*. - 2020. - Vol. **11582**: Fourth International Conference on Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection, and Applications, Tomsk, 24-26 August 2020. - Art.nr 1158201. - 6 p. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1117/12.2580483.
- 956 **Peskov N.Yu., Abubakirov E.B., Arzhannikov A.V., Denisenko A.N., Ginzburg N.S., Malkin A.M., Kalinin P.V., Sandalov E.S., Sinitsky S.L., Stepanov V.D., Zaslavsky V.Yu.** Powerful Cherenkov masers with 2D slow-wave structures intended for powering systems of Compton-type FELs // *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*. - 2020. - Vol. **11582**: Fourth International Conference on Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection, and Applications, Tomsk, 24-26 August 2020. - Art.nr 1158208. - Bibliogr.: 20 ref. - DOI 10.1117/12.2579567.
- 957 **Peskov N.Yu., Arzhannikov A.V., Ginzburg N.S., Malkin A.M., Nikiforov D.A., Sandalov E.S., Sinitsky S.L., Starostenko A.A., Vikharev A.A., Zaslavsky V.Yu.** Project of powerful long-pulse Bragg FEL of sub-THz to THz band: Design, simulations and components testing // *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*. - 2020. - Vol. **11582**: Fourth International Conference on Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection, and Applications, Tomsk, 24-26 August 2020. - Bibliogr.: 20 ref. - DOI 10.1117/12.2579554.
- 958 **Vodopyanov A.V., Kubarev V.V., Sidorov A.V., Shevchenko O.A., Veselov A.P., Gorbachev Ya.I., Sintsov S.V., Viktorov M.E., Morozkin M.V., Glyavin M.Y.** Continuous atmospheric pressure discharges in terahertz and sub-terahertz focused beams // *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*. - 2020. - Vol. **11582**: Fourth International Conference on Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection, and Applications, Tomsk, 24-26 August 2020. - Art.nr 1158210. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1117/12.2580544.
- 959 **Maslov D.A., Tsodikov M.V., Nikolaev S.A., Kriventsov V.V., Grinberg V.A., Emets V.V., Mayorova N.A.** Structural features and photoelectrocatalytic properties of bismuth-doped titanium oxides // *Materials Chemistry and Physics*. - 2020. - Art.nr 123936. - Bibliogr.: 63 ref. - In Press. - DOI 10.1016/j.matchemphys.2020.123936.
- 960 **Aoyama T., Asmussen N., Benayoun M., Bijnens J., Blum T., Bruno M., Caprini I., Calame CMC, Ce M., Colangelo G., Curciarello F., Czyz H., Danilkin I., Davier M., Davies CTH, Della Morte M., Eidelman S.I., El-Khadra A.X., Gerardin A., Giusti D., Golterman M., Gottlieb S., Gulpers V., Hagelstein F., Hayakawa M., Herdoiza G., Hertzog D.W., Hoecker A., Hoferichter M., Hoid B.L., Hudspith R.J., Ignatov F., Izubuchi T., Jegerlehner F., Jin L., Keshavarzi A., Kinoshita T., Kubis B., Kupich A., Kupsc A., Laub L., Lehner C., Lellouch L., Logashenko I., Malaescu B., Maltman K., Marinkovic M.K., Masjuan P., Meyer A.S., Meyer H.B., Mibe T., Miura K., Muller S.E., Nio M., Nomura D., Nyffeler A., Pascalutsa V., Passera M., del Rio E.P., Peris S., Portelli A., Procura M., Redmer C.F., Roberts B.L., Sanchez-Puertas P., Serebnyakov S., Shwartz B., Simula S., Stockinger D., Stockinger-Kim H., Stoffer P., Teubner T., Van de Water R., Vanderhaeghen M., Venanzoni G., von Hippel G., Wittig H., Zhang X., Achasov M.N., Bashir A., Cardoso N., Chakraborty B., Chao E.H., Charles J., Crivellin A., Deineka O., Denig A., DeTar C., Dominguez C.A., Dorokhov A.E., Druzhinin V.P., Eichmann G., Fael M., Fischer C.S., Gamiz E., Gelzer Z., Green J.R., Guellati-Khelifa S., Hatton D., Hermansson-Truedsson N., Holz S., Horz B., Knecht M., Koponen J., Kronfeld A.S., Laiho J., Leupold S., Mackenzie P.B., Marciano W.J., McNeile C., Mohler D., Monnard J., Neil E.T., Nesterenko A.V., Ottnad K., Pauk V., Radzhabov A.E., de Rafael E., Raya K., Risch A., Rodriguez-Sanchez A., Roig P., San Jose T., Solodov E.P., Sugar R., Todyshev K.Y., Vainshtein A., Aviles-Casco A.V., Weil E., Wilhelm J., Williams R., Zheviakov A.S.** The anomalous magnetic moment of the muon in the Standard Model // *Physics Reports*. - 2020. - Vol. **887**. - P. 1-166. - Bibliogr.: 824 ref. - DOI 10.1016/j.physrep.2020.07.006.
- 961 **Annenkov V.V., Volchok E.P., Timofeev I.V.** Electromagnetic Emission Produced by Three-wave Interactions in a Plasmawith Continuously Injected Counterstreaming Electron Beams // *Astrophysical Journal*. - 2020. - Vol. **904**, Is. **2**. - Art.nr 88. -11 p. - Bibliogr.: 75 ref. - DOI 10.3847/1538-4357/abbe2.
- 962 **Aaboud M., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V.** Search for Higgs Boson Decays into a Z Boson and a Light Hadronically Decaying Resonance Using 13 TeV pp Collision Data from the ATLAS Detector // *Physical Review Letters*. - 2020. - Vol. **125**, Is. **22**. - Art.nr 221802. -22 p. - Bibliogr.: 110 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.221802.
- 963 **Гинзбург Н.С., Песков Н.Ю., Сергеев А.С., Заславский В.Ю., Аржаников А.В., Синицкий С.Л.** Двумерная распределенная обратная связь как метод генерации мощного когерентного излучения от пространственно-развитых релятивистских электронных пучков // *Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика*. - 2020. - Т. **28**, № **6**. - С. 575-632. - Библиогр.: 77 назв. - DOI 10.18500/0869-6632-2020-28-6-575-632.
- 964 **Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y.** Production of ω mesons in pp collisions at $\sqrt{s}=7$ TeV // *European Physical Journal C*. - 2020. - Vol. **80**, Is. **12**. - Art.nr 1130. - Bibliogr.: 47 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-08651-y.
- 965 **Oskin P., Collab. Belle, Aulchenko V., Eidelman S., Epifanov D., Gabyshev N., Garmash A., Gudkova K., Krokovny P., Vinokurova A., Vorobyev V., Zhilich V.** Search for transitions from $Y(4S)$ and $Y(5S)$ to $\eta_b(1S)$ and $\eta_b(2S)$ with emission of an ω meson // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. **102**, Is. **9**. - Art.nr 092011. - Bibliogr.: 20 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.092011.
- 966 **Sumbaev A., Kobets V., Shvetsov V., Dikansky N., Logatchov P.** LUE-200 accelerator – A photo-neutron generator for the pulsed neutron source "IREN" // *Journal of Instrumentation*. - 2020. - Vol. **15**, Is. **11**. - Art.nr T11006. - Bibliogr.: 13 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/11/T11006.
- 967 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V.** Observation of structure in the J/ψ -pair mass spectrum // *Science Bulletin*. - 2020. - Vol. **65**, Is. **23**. - P. 1983-1993. - Bibliogr.: 91 ref. - DOI 10.1016/j.scib.2020.08.032.
- 968 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V.** Constraints on the $K^0_s \rightarrow \mu^+ \mu^-$ Branching Fraction // *Physical Review Letters*. - 2020. - Vol. **125**, Is. **23**. - Art.nr 231801. -10 p. - Bibliogr.: 31 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.231801.
- 969 **Li Y., Collab. Belle, Eidelman S., Epifanov D., Garmash A., Krokovny P., Matvienko D., Shwartz B., Vinokurova A., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V.** Search for a doubly charged DDK bound state in $Y(1S, 2S)$ inclusive decays and via direct production in e^+e^- collisions at $\sqrt{s}=10.520, 10.580, \text{ and } 10.867$ GeV // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. **102**, Is. **11**. - Art.nr 112001. -14 p. - Bibliogr.: 56 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.112001.
- 970 **Teryaev V.E., Shchelkunov S.V., Hirshfield J.L.** 90% Efficient Two-Stage Multibeam Klystron: Modeling and Design Study // *IEEE Transactions on Electron Devices*. - 2020. - Vol. **67**, Is. **12**. - P. 5777-5782. - Bibliogr.: 9 ref. - DOI 10.1109/TED.2020.3033267.
- 971 **Нусинов А.А., Алексеева А.В., Заверткин П.С., Ивлишкин Д.В., Качановский Ю.М., Кузин С.В., Минлигареев В.Т., Николенко А.Д., Панышин Е.А., Перцов А.А.** Метрологические характеристики аппаратуры для спутникового мониторинга геоэффективного ультрафиолетового излучения солнца // *Гелиогеофизические исследования*. - 2020. - № **26**. - С. 31-35. - Библиогр.: 6 назв.
- 972 **Винокуров Н.А., Довженко Б.А., Козак В.Р., Купер Э.А., Медведов Л.Э., Медведко А.С., Середняков С.С., Тарарышкин С.В., Шевченко О.А.** Система управления магнитными элементами микротрона-рекуператора Новосибирского лазера на свободных электронах // *Сибирский физический журнал*. - 2020. - Т. **15**, № **2**. - С. 14-24. - Библиогр.: 6 назв. - DOI 10.25205/2541-9447-2020-15-2-14-24.

- 973 Wang G.M., Choi J., Chubar O.V., Hidaka Y., Shaftan T.V., Sharma S., Smaluk V.V., Spataro C., Tanabe T., Mesentsev N.A. **Reaching low emittance** in synchrotron light sources by using complex bends // Proceedings of the North American Particle Accelerator Conference (NAPAC 2019), Lansing, Michigan, 2-6 September 2019. - Geneva: JACoW, 2020. - P. 352-355. - Bibliogr.: 14 ref. - DOI 10.18429/JACoW-NAPAC2019-TUZBB2.
- 974 Nesterenko I.N., Bollen G., Hausmann M., Hussain A., Lidia S.M., Rodriguez S. **Optical system for observation of FRIB target** // Proceedings of the North American Particle Accelerator Conference (NAPAC 2019), Lansing, Michigan, 2-6 September 2019. - Geneva: JACoW, 2020. - P. 570-572. - Bibliogr.: 1 ref. - DOI 10.18429/JACoW-NAPAC2019-TUPLE05.
- 975 Acharya S., Collab. ALICE, Pestov Y. **Unveiling the strong interaction among hadrons at the LHC** // Nature. - 2020. - Vol. 588, Is. 7837. - P. 232-238. - Bibliogr.: 49 ref. - DOI 10.1038/s41586-020-3001-6.
- 976 Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. **Search for new hadronic decays of hc and observation of $hc \rightarrow K^+K^-\pi^+\pi^-\pi^0$** // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 11. - Art.nr 112007. -10 p. - Bibliogr.: 32 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.112007.
- 977 Lees J. P., Collab. BABAR, Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kozyrev E.A., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Todyshev K.Yu. **Precision Measurement of the Ratio $B(Y(3S) \rightarrow \tau^+\tau^-)/B(Y(3S) \rightarrow \mu^+\mu^-)$** // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 125, Is. 24. - Art.nr 241801. -7 p. - Bibliogr.: 15 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.241801.
- 978 Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. **Model-Independent Study of Structure in $B^+ \rightarrow D^+D^0K^+$ Decays** // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 125, Is. 24. - Art.nr 242001. -10p. - Bibliogr.: 28 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.242001.
- 979 Achasov M.N., Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Baykov A.A., Beloborodov K.I., Berdyugin A.V., Berkaev D. E., Bogdanchikov A.G., Botov A.A., Buzykaev A.R., Dimova T.V., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kardapoltsev L.V., Kharlamov A.G., Korol A.A., Kovrizhin D.P., Kravchenko E.A., Kupich A.S., Lysenko A.P., Martin K.A., Muchnoy N.Yu., Melnikova N.A., Obrazovsky A.E., Onuchin A.P., Pakhtusova E.V., Perevedentsev E.A., Pugachev K.V., Savchenko Y.S., Serednyakov S.I., Shatunov P.Yu., Shatunov Yu.M., Shtol D.A., Shwartz D. B., Silagadze Z.K., Surin I.K., Tikhonov Yu.A., Usov Yu.V., Zemlyansky I.M., Zhabin V.N., Zhulanov V.V. **Measurement of the $e^+e^- \rightarrow K^+K^-\pi^0$ cross section with the SND detector** // European Physical Journal C. - 2020. - Vol. 80, Is. 12. - Art.nr 1139. -10 p. - Bibliogr.: 17 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-08719-9.
- 980 Bondar A.E., Milstein A.I. **Charge asymmetry in decays $B \rightarrow D\bar{D}K^+$** // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 12. - Art.nr 15. -10 p. - Bibliogr.: 22 ref. - DOI 10.1007/JHEP12(2020)015.
- 981 Melnik A.D., Afanasyev V.I., Davydenko V.I., Kolmogorov A.V., Mironov M.I., Navolotsky A.S., Nesenevich V.G., Petrov M.P., Petrov S.Ya., Chernyshev F.V. **Bench tests of a helium ion source for the neutral particle diagnostic system of the ITER tokamak** // Review of Scientific Instruments. - 2020. - Vol. 91, Is. 12. - Art.nr 123301. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1063/5.0022149.
- 982 Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. **Strong constraints on the $b \rightarrow sy$ photon polarisation from $B^0 \rightarrow K^{*0}e^+e^-$ decays** // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 12. - Art.nr 81. -25 p. - Bibliogr.: 65 ref. - DOI 10.1007/JHEP12(2020)081.
- 983 Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. **Dependence of inclusive jet production on the anti- k_T distance parameter in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV** // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 12. - Art.nr 82. - Bibliogr.: 67 ref. - DOI 10.1007/JHEP12(2020)082.
- 984 Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y. **Inclusive search for highly boosted Higgs bosons decaying to bottom quark-antiquark pairs in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV** // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 12. - Art.nr 85. - Bibliogr.: 107 ref. - DOI 10.1007/JHEP12(2020)085.
- 985 Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberzko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. **Reconstruction and identification of boosted di- τ systems in a search for Higgs boson pairs using 13 TeV proton-proton collision data in ATLAS** // Journal of High Energy Physics. - 2020. - Vol. 2020, Is. 11. - Art.nr 163. - Bibliogr.: 111 ref. - DOI 10.1007/JHEP11(2020)163.
- 986 Astrelin V., Soldatkina E., Bagryansky P., Scovorodin D. **Calculation characteristics of the electron beam injected into the plasma of the open magnetic trap GDT** // Proceedings 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE 2020), Tomsk, Russia, 14 - 26 September 2020. - Danvers: IEEE, 2020. - P. 403-407. - Bibliogr.: 8 ref. - DOI 10.1109/EFRE47760.2020.9242080.
- 987 Kuksanov N., Golubenko Yu., Lavruchin A., Kogut D., Chakin I., Fadeev S., Nemytov P., Semenov A., Domarov E., Cherepkov V., Salimov R., Korchagin A., Golkovsky M., Vorobiev D. **High power DC electron accelerators of ELV-type for research and industrial application** // Proceedings 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE 2020), Tomsk, Russia, 14 - 26 September 2020. - Danvers: IEEE, 2020. - P. 449-454. - Bibliogr.: 5 ref. - DOI 10.1109/EFRE47760.2020.9241934.
- 988 Todyshev K.Y. **Measuring the inclusive cross section of e^+e^- annihilation into hadrons in the pre-asymptotic energy range** // Physics-Uspekhi. - 2020. - Vol. 63, Is. 9. - P. 929-939. - Bibliogr.: 76 ref. - DOI 10.3367/UFNe.2020.02.038731.
- 989 Leonov V.V., Porosev V.V., Savinov G.A. **A feasibility study of a high-resolution SiPM based detector for X-ray imaging** // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 12. - Art.nr T12002. -8 p. - Bibliogr.: 10 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/12/T12002.
- 990 Журовлев А.Н., Карнаев С.Е., Левичев Е.Б., Мешков О.И., Никитин С.А., Николаев И.Б., Пиминов П.А. **Статус ускорительного комплекса ВЭПП-4** // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2020. - Т. 17, № 7. - С. 876-893. - Библиогр.: 39 назв.
- 991 Ситнов В.Е., Сенченко А.И., Фатькин Г.А. **Программное обеспечение для системы архивирования данных ЛИУ-20** // Вестник Новосибирского Государственного Университета. Серия: Информационные технологии. - 2020. - Т. 18, № 3. - С. 69-80. - Библиогр.: 5 назв. - DOI 10.25205/1818-7900-2020-18-3-69-80.
- 992 Arzhannikov A.V., Ivanov I.A., Kasatov A.A., Kuznetsov S.A., Makarov M.A., Kuklin K.N., Popov S.S., Rovenskikh A.F., Samtsov D.A., Sandalov E.S., Sinitsky S.L., Stepanov V.D., Glinitskiy V.V., Timofeev I.V. **Spatial and angular properties of megawatt flux of THz radiation generated at GOL-PET facility** // The 4-th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA-2020), Tomsk, 24-26 August 2020: Abstracts. - Tomsk: IAO SB RAS, 2020. - P. 7.
- 993 Kubarev V.V., Chesnokov E.N., Koshlyakov P.V., Krasnoperov L.N. **Highly efficient electromagnetic emission during relaxation of a thin sub-relativistic electron beam in magnetized plasma** // The 4-th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA-2020), Tomsk, 24-26 August 2020: Abstracts. - Tomsk: IAO SB RAS, 2020. - P. 11.
- 994 Kubarev V.V., Chesnokov E.N., Koshlyakov P.V., Krasnoperov L.N. **Study of oh-radical dynamics by ultrafast terahertz time-domain magnetic spectroscopy at the NovoFEL** // The 4-th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA-2020), Tomsk, 24-26 August 2020: Abstracts. - Tomsk: IAO SB RAS, 2020. - P. 11.
- 995 Knyazev B.A., Pavelyev V.S. **Feasibility of generation of rotating surface plasmon polaritons by the use of spiral phase gratings** // The 4-th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA-2020), Tomsk, 24-26 August 2020: Abstracts. - Tomsk: IAO SB RAS, 2020. - P. 11-12.
- 996 Glinitskiy V.V., Timofeev I.V., Annenkov V.V., Arzhannikov A.V. **Electromagnetic sub-THz emission from beam-plasma system with strong density inhomogeneities** // The 4-th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA-2020), Tomsk, 24-26 August 2020: Abstracts. - Tomsk: IAO SB RAS, 2020. - P. 14.
- 997 Kuznetsov S.A., Fedorin V.N., Gelfand A.V., Milekhin A.G., Gentselov A.N., Lazorskiy P.A., Nikolaev N.A., Mamrashev A.A. **Functional devices of THz photonics based on plasmonic metasurfaces** // The 4-th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA-2020), Tomsk, 24-26 August 2020: Abstracts. - Tomsk: IAO SB RAS, 2020. - P. 24.

- 998 **Zykova L.A., Khasanov I.Sh., Nikitin A.K., Gerasimov V.V., Knyazev B.A. Terahertz surface plasmon resonance ghost imaging and microscopy // The 4-th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA-2020), Tomsk, 24-26 August 2020 : Abstracts. - Tomsk : IAO SB RAS, 2020. - P. 34.**
- 999 **Choporova Yu.Yu., Osintseva N.D., Knyazev B.A., Pavelyev V.S., Tukmakov K.N. Terahertz vector vortex beams for surface plasmon generation // The 4-th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA-2020), Tomsk, 24-26 August 2020 : Abstracts. - Tomsk : IAO SB RAS, 2020. - P. 35.**
- 1000 **Kameshkov O.E., Knyazev B.A., Gerasimov V.V. Study of wavelength and subwavelength gratings for terahertz plasmonic // The 4-th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA-2020), Tomsk, 24-26 August 2020 : Abstracts. - Tomsk : IAO SB RAS, 2020. - P. 35-36.**
- 1001 **Timofeev I.V., Annenkov V.V., Avtaeva S.V., Berendeev E.A., Gubin K.V., Trunov V.I., Volchok E.P. Generation of high-power THz radiation in plasma by colliding laser wakefields // The 4-th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA-2020), Tomsk, 24-26 August 2020 : Abstracts. - Tomsk : IAO SB RAS, 2020. - P. 38.**
- 1002 **Peskov N.Yu., Arzhannikov A.V., Ginzburg N.S., Sandalov E.S., Sinitsky S.L., Skovorodin D.I., Starostenko A.A., Vikharev A.A., Zaslavsky V.Yu. Project of powerful long-pulse Bragg FEL of sub-THz to THz band: Design, simulations and components testing // The 4-th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA-2020), Tomsk, 24-26 August 2020 : Abstracts. - Tomsk : IAO SB RAS, 2020. - P. 38.**
- 1003 **Berendeev E.A., Timofeev I.V., Annenkov V.V., Volchok E.P. Simulations of terahertz waves generation due to the focusing of electron beams in a plasma // The 4-th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA-2020), Tomsk, 24-26 August 2020 : Abstracts. - Tomsk : IAO SB RAS, 2020. - P. 39.**
- 1004 **Peskov N.Yu., Abubakirov E.B., Arzhannikov A.V., Denisenko A.N., Ginzburg N.S., Kalinin P.V., Sandalov E.S., Sinitsky S.L., Stepanov V.D., Vikharev A.A., Zaslavsky V.Yu. Powerful Cherenkov masers with 2D slow-wave structures intended for powering systems of compact-type FELs // The 4-th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA-2020), Tomsk, 24-26 August 2020 : Abstracts. - Tomsk : IAO SB RAS, 2020. - P. 39.**
- 1005 **Kubarev V.V., Shevchenko O.A., Getmanov Ya.V. Hyperfine mode structure of the terahertz NovoFEL in the hybrid long-wavelength regime of its optical resonator // The 4-th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA-2020), Tomsk, 24-26 August 2020 : Abstracts. - Tomsk : IAO SB RAS, 2020. - P. 39.**
- 1006 **Vodopyanov A., Kubarev V., Sidorov A., Shevchenko O., Veselov A.P., Gorbachev Ya., Sintsov S.V., Viktorov M.E., Morozkin M.V., Glyavin M.Y. Continuous atmospheric pressure discharges in terahertz and subterahertz focused beam // The 4-th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA-2020), Tomsk, 24-26 August 2020 : Abstracts. - Tomsk : IAO SB RAS, 2020. - P. 40.**
- 1007 **Pavelyev V.S., Degtyarev S.A., Khonina S.N., Tukmakov K.N., Reshetnikov A.S., Knyazev B.A., Choporova Yu.Yu. Elements of sub-wavelength terahertz photonics // The 4-th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA-2020), Tomsk, 24-26 August 2020 : Abstracts. - Tomsk : IAO SB RAS, 2020. - P. 40.**
- 1008 **Зыкова Л.А., Хасанов И.Ш., Никитин А.К., Князев Б.А., Герасимов В.В. Повышение качества изображений в микроскопии поверхностного плазмонного резонанса методом фантомного видения // 4-я Международная научная конференция, посвященная 90-летию со дня основания Астраханского государственного технического университета "Информационные технологии и технологии коммуникаций. Современные достижения", Астрахань, 5-8 октября 2020 г. : Сборник трудов. - Астрахань : АГТУ, 2020. - С. 50. - Bibliogr.: 4 ref.**
- 1009 **Lotov K.V., Collab. AWAKE Proton beam self-modulation and electron acceleration in AWAKE // IV International Conference on Ultrafast Optical Science (UltrafastLight-2020), Moscow, 28 September – 2 October 2020 : Book of Abstracts. - Moscow : LPI, 2020. - P. 39. - Bibliogr.: 4 ref.**
- 1010 **Koop I. Toroid spectrometer for electron-ion collider // International Journal of Modern Physics A. - 2020. - Vol. 35, Is. 34-35. - Art.nr 2044021. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1142/S0217751X20440212.**
- 1011 **Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of the relative branching fractions of $B^+ \rightarrow h^+ h^+ h^-$ decays // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 11. - Art.nr 112010. - Bibliogr.: 56 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.112010.**
- 1012 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Search for Heavy Resonances Decaying into a Photon and a Hadronically Decaying Higgs Boson in pp Collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS Detector // Physical Review Letters. - 2020. - Vol. 125, Is. 25. - Art.nr 251802. - Bibliogr.: 56 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.251802.**
- 1013 **Vodopyanov A., Kubarev V., Sidorov A., Shevchenko O., Gorbachev Y., Barmashova T. Study of a gas breakdown in a focused beam of terahertz radiation at the NovoFEL user station // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1697: International Conference Physica.SPb/2020, Saint Petersburg, Russia, 19-23 October 2020, Is. 1. - Art.nr 012217. - Bibliogr.: 14 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1697/1/012217.**
- 1014 **Monkhoev R., Collab. TAIGA, Garmash A., Kravchenko E., Sokolov A. Tunka-Grande and TAIGA-Muon scintillation arrays: Status and prospects // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1697: International Conference Physica.SPb/2020, Saint Petersburg, Russia, 19-23 October 2020, Is. 1. - Art.nr 012026. - Bibliogr.: 21 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1697/1/012026.**
- 1015 **Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. Search for resonances decaying into a weak vector boson and a Higgs boson in the fully hadronic final state produced in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 11. - Art.nr 112008. - Bibliogr.: 74 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.112008.**
- 1016 **Ivanova A., Collab. TAIGA, Garmash A., Kravchenko E., Sokolov A. Possibilities of the Tunka-Grande and TAIGA-Muon scintillation arrays with the TAIGA-HiSCORE Cherenkov array joint operation in the research of cosmic and gamma rays // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1690: 5th International Conference on Particle Physics and Astrophysics, Moscow, Russian Federation, 5-9 October 2020, Is. 1. - Art.nr 012014. - Bibliogr.: 17 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1690/1/012014.**
- 1017 **Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Measurement of cross sections for $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ At center-of-mass energies from 3.80 to 4.60 GeV // Physical Review D. - 2020. - Vol. 102, Is. 11. - Art.nr 112009. - Bibliogr.: 34 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.112009.**
- 1018 **Postnikov E.B., Collab. TAIGA, Garmash A.Yu., Ivanova A.L., Kravchenko E.A., Sokolov A.V. First detection of gamma-ray sources at TeV energies with the first imaging air Cherenkov telescope of the TAIGA installation // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1690: 5th International Conference on Particle Physics and Astrophysics, Moscow, Russian Federation, 5-9 October 2020, Is. 1. - Art.nr 012023. - Bibliogr.: 16 ref. - DOI 10.1088/1742-6596/1690/1/012023.**
- 1019 **Matts O.E., Rashkovets M.V., Domarov E.V., Korchagin A.I. Composite coatings over titanium alloy formed by non-vacuum electron beam cladding // AIP Conference Proceedings. - 2020. - Vol. 2310: International Conference on Physical Mesomechanics. Materials with Multilevel Hierarchical Structure and Intelligent Manufacturing Technology 2020, Tomsk, Russian Federation, 5-9 October 2020, Is. 1. - Art.nr 020198. - Bibliogr.: 16 ref. - DOI 10.1063/5.0034453.**
- 1020 **Zhuravlev A.N., Karnev S.E., Levichev E.B., Meshkov O.I., Nikitin S.A., Nikolaev I.B., Piminov P.A. Current Status of the VEPP-4 Accelerator Facility // Physics of Particles and Nuclei Letters. - 2020. - Vol. 17, Is. 7. - P. 938-950. - Bibliogr.: 39 ref. - DOI 10.1134/S1547477120070067.**

- 1021 Feklistov K.V., Lemzyakov A.G., Prosvirin I.P., Gismatulin A.A., Shklyayev A.A., Zhivodkov Y.A., Krivyakin G.K., Komonov A.I., Kozhukhov A.S., Spesivsev E.V., Gulyaev D.V., Abramkin D.S., Pugachev A.M., Esaev D.G., Sidorov G.Yu. **Nanowired structure, optical properties and conduction band offset of RF magnetron-deposited n-Si/In₂O₃:Er films** // *Materials Research Express*. - 2020. - Vol. 7, Is. 12. - Art.nr 125903. - Bibliogr.: 21 ref. - DOI 10.1088/2053-1591/abd06b.
- 1022 Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. **Measurement of the shape of the $B^0_s \rightarrow D^{*+} \mu^+ \nu_\mu$ differential decay rate** // *Journal of High Energy Physics*. - 2020. - Vol. 2020, Is. 12. - Art.nr 144. - Bibliogr.: 61 ref. - DOI 10.1007/JHEP12(2020)144.
- 1023 Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. **Measurement of branching fraction ratios for $B^+ \rightarrow D^{*+} D^0 K^+$, $B^+ \rightarrow D^{*+} D^+ K^+$, and $B^0 \rightarrow D^{*+} D^0 K^+$ decays** // *Journal of High Energy Physics*. - 2020. - Vol. 2020, Is. 12. - Art.nr 139. - Bibliogr.: 26 ref. - DOI 10.1007/JHEP12(2020)139.
- 1024 Ginzburg N.S., Peskov N.Y., Sergeev A.S., Zaslavskij V.J., Arzhannikov A.V., Sinitsky S.L. **Two-dimensional distributed feedback as a method for generation of powerful coherent radiation from spatially-extended relativistic electron beams** // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Prikladnaya Nelineynaya Dinamika*. - 2020. - Vol. 28, Is. 6. - P. 575-632. - Bibliogr.: 77 ref. - DOI 10.18500/0869-6632-2020-28-6-575-632.
- 1025 Gentshev A.N., Dultsev F.N., Varand A.V., Kondratyev V.I. **Method for the Fabrication of Biochips** // *Journal of Surface Investigation*. - 2020. - Vol. 14, Is. 6. - P. 1403-1409. - Bibliogr.: 20 ref. - DOI 10.1134/S1027451020060300.
- 1026 Sharapov V.N., Tomilenko A.A., Kuznetsov G.V., Perepechko Yu.V., Sorokin K.E., Mikheeva A.V., Semenov Y.I. **Mechanisms of Partial Melting of Metasomatized Mantle Ultramafic Rocks beneath Avacha Volcano, Kamchatka, and the Growth of Minerals from a Gas Phase in Fractures** // *Petrology*. - 2020. - Vol. 28, Is. 6. - P. 569-590. - Bibliogr.: 65 ref. - DOI 10.1134/S0869591120050069.
- 1027 Lvova M.N., Shevelev O.B., Serdobintseva V.V., Kalinin D.V., Starostenko D.A., Zavjalov E.L., Krivoshekin A.L., Logachev P.V., Mordvinov V.A., Avgustinovich D.F. **Effect of Silicon Dioxide Nanoparticles on Syrian Hamsters Infected by *Opisthorchis felinus*: 1H MRS Study of the Brain** // *Doklady Biochemistry and Biophysics*. - 2020. - Vol. 495, Is. 1. - P. 319-324. - Bibliogr.: 15 ref. - DOI 10.1134/S1607672920060095.
- 1028 Braummuller F., Collab. AWAKE, Bastrukov M.A., Gorn A.A., Kargapov I.Yu., Lotov K.V., Petrenko A., Spitsyn R.I., Tuev P.V. **Proton Bunch Self-Modulation in Plasma with Density Gradient** // *Physical Review Letters*. - 2020. - Vol. 125, Is. 26. - Art.nr 264801. - 7 p. - Bibliogr.: 29 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.264801.
- 1029 Sahoo D., Collab. Belle, Eidelman S., Epifanov D., Garmash A., Gudkova K., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shwartz B., Vinokurova A., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. **Search for lepton-number- and baryon-number-violating tau decays at Belle** // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 102, Is. 11. - Art.nr 111101. - 9 p. - Bibliogr.: 29 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.111101.
- 1030 Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. **Observation and Measurement of Forward Proton Scattering in Association with Lepton Pairs Produced via the Photon Fusion Mechanism at ATLAS** // *Physical Review Letters*. - 2020. - Vol. 125, Is. 26. - Art.nr 261801. - 21 p. - Bibliogr.: 99 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.261801.
- 1031 Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. **First observation of the decay $\Lambda^0_b \rightarrow \eta_c (1S) p K^0$** // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 102, Is. 11. - Art.nr 112012. - 12 p. - Bibliogr.: 49 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.112012.
- 1032 Ablikim M., Collab. BESIII, Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. **Search for the semileptonic decay $D^{0(*)} \rightarrow b_1 (1235)^{-} e^+ \nu_e$** // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 102, Is. 11. - Art.nr 112005. - 9 p. - Bibliogr.: 39 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.112005.
- 1033 Aaboud M., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. **Search for heavy diboson resonances in semileptonic final states in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector** // *European Physical Journal C*. - 2020. - Vol. 80, Is. 12. - Art.nr 1165. - 41 p. - Bibliogr.: 100 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-08554-y.
- 1034 Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. **Measurement of single-diffractive dijet production in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=8$ TeV with the CMS and TOTEM experiments** // *European Physical Journal C*. - 2020. - Vol. 80, Is. 12. - Art.nr 1164. - 30 p. - Bibliogr.: 45 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-08562-y.
- 1035 Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y. **Measurement of the top quark Yukawa coupling from $t\bar{t}$ kinematic distributions in the dilepton final state in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV** // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 102, Is. 9. - Art.nr 092013. - 29 p. - Bibliogr.: 63 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.092013.
- 1036 Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. **Measurements of the W boson rapidity, helicity, double-differential cross sections, and charge asymmetry in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV** // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 102, Is. 9. - Art.nr 092012. - 50 p. - Bibliogr.: 65 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.092012.
- 1037 Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y. **Evidence for Top Quark Production in Nucleus-Nucleus Collisions** // *Physical Review Letters*. - 2020. - Vol. 125, Is. 22. - Art.nr 222001. - 18 p. - Bibliogr.: 52 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.125.222001.
- 1038 Aaij R., Collab. LHCb, Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Maltsev T., Shekhtman L., Vorobyev V. **Amplitude analysis of the $B^+ \rightarrow D^+ D^0 K^+$ decay** // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 102, Is. 11. - Art.nr 112003. - Bibliogr.: 81 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.112003.
- 1039 Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. **Alignment of the ATLAS Inner Detector in Run 2** // *European Physical Journal C*. - 2020. - Vol. 80, Is. 12. - Art.nr 1194. - Bibliogr.: 50 ref. - DOI 10.1140/epjc/s10052-020-08700-6.
- 1040 Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y. **Observation of electroweak production of W gamma with two jets in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV** // *Physics Letters B*. - 2020. - Vol. 811. - Art.nr 135988. - Bibliogr.: 50 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135988.
- 1041 Aad G., Collab. ATLAS, Anisenkov A.V., Baldin E.M., Beloborodov K., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Buzykaev A.R., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Kharlamova T., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Podberezko P., Rezanova O.L., Soukharev A.M., Talyshiev A.A., Tikhonov Yu.A., Zhulanov V. **Search for Higgs boson decays into two new low-mass spin-0 particles in the 4b channel with the ATLAS detector using pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV** // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 102, Is. 11. - Art.nr 112006. - Bibliogr.: 72 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.112006.
- 1042 Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y. **Search for bottom-type, vectorlike quark pair production in a fully hadronic final state in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV** // *Physical Review D*. - 2020. - Vol. 102, Is. 11. - Art.nr 112004. - Bibliogr.: 54 ref. - DOI 10.1103/PhysRevD.102.112004.
- 1043 Антонова Л.В., Крикина Е.О., Резцова М.А., Севостьянова В.В., Ткаченко В.О., Глушкова Т.В., Актеньева Т.Н., Кудрявцева Ю.А., Барбараш Л.С. **Разработка технологии формирования атромбогенного лекарственного покрытия для биодеградируемых сосудистых протезов малого диаметра** // *Современные технологии в медицине*. - 2020. - Т. 12, № 6. - С. 6-14. - Библиогр.: 19 назв. - DOI 10.17691/stm2020.12.6.01.
- 1044 Андреевков О.В., Андреевкова Н.Г., Жимулев И.Ф., Богомолова И.Н., Равкин Ю.С., Цыбулин С.М., Кашиная Ю.О., Штоль Д.А. **Инвазии ястребиной совы в лесостепь Западной Сибири** // *Пернатые хищники и их охрана*. - 2020. - № 40. - С. 116-124. - Библиогр.: 38 назв. - DOI 10.19074/1814-8654-2020-40-116-124.

- 1045 **Песков Н.Ю., Вихарев А.А., Гинзбург Н.С., Заславский В.Ю., Малкин А.М., Сергеев А.С., Аржанников А.В., Калинин П.В., Сандалов Е.С., Синицкий С.Л., Степанов В.Д. Мощный планарный Черенковский мазер W-диапазона с двумерной распределённой обратной связью: конструктивные элементы и результаты моделирования // Известия вузов. Радиофизика. - 2020. - Т. 63, № 5/6. - С. 499-508. - Библиогр.: 17 назв.**
- 1046 **Песков Н.Ю., Гинзбург Н.С., Заславский В.Ю., Корнишин С.Ю. Сверхразмерные модифицированные брэгговские резонаторы для мощных длинноимпульсных лазеров на свободных электронах субтерагерцового диапазона // Известия вузов. Радиофизика. - 2020. - Т. 63, № 5/6. - С. 488-498. - Библиогр.: 22 назв.**
- 1047 **Васильев С.К., Пархомчук Е.В., Середнёв М.А., Милютин К.И., Растигеев С.А., Пархомчук В.В. Позднеплейстоценовая мегафауна юга Западной и Средней Сибири: новые данные по радиоуглеродному датированию и новые находки из аллювиальных местонахождений в 2020 году // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. - 2020. - Т. 26. - С. 43-50. - Библиогр.: 15 назв. - DOI 10.17746/2658-6193.2020.26.043-050.**
- 1048 **Pavelyev V.S., Khonina S.N., Tukmakov K.N., Degtyarev S.A., Reshetnikov A.S., Knyazev V.A., Osintseva N.D., Choporova Yu.Yu. Diffractive optics technologies for the control of high-power terahertz laser beams // 2020 International Conference Laser Optics, ICLO 2020, St. Petersburg, Russian Federation, 2-6 November 2020. - Piscataway : IEEE, 2020. - Art.nr 9285750. - Bibliogr.: 4 ref. - DOI 10.1109/ICLO48556.2020.9285750.**
- 1049 **Solyankin P.M., Lakatosh B.V., Medvedev V.V., Krivokorytov M.S., Kotelnikov I.A., Shkurinov A.P. Terahertz radiation emission as a result of femtosecond laser beam interaction with liquid metal droplets // 2020 International Conference Laser Optics, ICLO 2020, St. Petersburg, Russian Federation, 2-6 November 2020. - Piscataway : IEEE, 2020. - Art.nr 9285886. - Bibliogr.: 2 ref. - DOI 10.1109/ICLO48556.2020.9285886.**
- 1050 **Касатова А.И., Каныгин В.В., Разумов И.А., Таскаев С.Ю., Касатов Д.А., Бывальцев В.А. Исследование биологической эффективности бор-нейтронозахватной терапии на клетках глиомы и меланомы человека // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. - 2020. - Т. 64, № 3. - С. 110-116. - Библиогр.: 19 назв. - DOI 10.25557/0031-2991.2020.03.110-116.**
- 1051 **Antonova L.V., Krivkina E.O., Rezvova M.A., Sevostyanova V.V., Tkachenko V.O., Glushkova T.V., Akentyeva T.N., Kudryavtseva Y.A., Barbarash L.S. A Technology for Anti-Thrombogenic Drug Coating of Small-Diameter Biodegradable Vascular Prostheses // Sovremennye Tekhnologii v Medicine. - 2020. - Vol. 12, Is. 6. - P. 6-14. - Bibliogr.: 20 ref. - DOI 10.17691/stm2020.12.6.01.**
- 1052 **Шулятьев К.Д., Соломахин А.Л., Гринемайер К.А., Минаев В.Б., Щеголев П.Б., Гусев В.К., Коваленко Ю.В., Петров Ю.В., Савкин В.Я., Сахаров Н.В. Контроль плотности плазмы при помощи дисперсионного интерферометра на сферическом токамаке Глобус-M2 // Международная конференция "Физика АСПБ", Санкт-Петербург, 19-23 октября 2020 г. : Тезисы докладов. - Санкт-Петербург : Политех Пресс, 2020. - С. 454-455. - Библиогр.: 4 назв.**
- 1053 **Ростовцев В.И., Брязгин А.А., Коробейников М.В. Повышение селективности измельчения и комплексности использования минерального сырья на основе радиационной модификации его свойств // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. - 2020. - № 6. - С. 136-146. - Библиогр.: 22 назв. - DOI 10.15372/FTPRP120200612.**
- 1054 **Бондарь А.Е., Борисова Е.О., Бузулцков А.Ф., Носов В.В., Олейников В.П., Соколов А.В., Фролов Е.А. Влияние эффекта тормозного излучения на нейтралах на работу двухфазных детекторов на аргоне // Краткие сообщения по физике Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук. - 2020. - Т. 46, № 6. - С. 11-17. - Библиогр.: 9 назв.**
- 1055 **Штоль Д.А., Неёлов И.А., Шнайдер Е.П., Милежик А.А. Пернатые хищники Шлюзовского лесоболотного комплекса. Кольцевание черного коршуна в окрестностях Шлюзовского лесоболотного комплекса // Уникальный памятник природы Шлюзовской лесоболотный комплекс «Сказочный». Экология и охрана. Материалы региональной междисциплинарной научно-практической конференции, Новосибирск, 19 апреля 2018 г. - Новосибирск : Окарина, 2020. - С. 66-68. - Библиогр.: 4 назв.**
- 1056 **Еманов А.Ф., Бах А.А., Еманов Ф.А. Изучение вертикальных собственных колебаний зданий методом стоячих волн // Вопросы инженерной сейсмологии. - 2020. - Т. 47, № 4. - С. 43-54. - Библиогр.: 24 назв. - DOI 10.21455/VIS2020.4-3.**
- 1057 **Мажаров П.А., Дудников В.Г., Толстогузов А.Б. Электрогидродинамические источники ионных пучков // Успехи физических наук. - 2020. - Т. 190, № 12. - С. 1293-1333. - Библиогр.: 372 назв. - DOI 10.3367/UFNr.2020.09.038845.**
- 1058 **Peskov N.Yu., Ginzburg N.S., Zaslavsky V.Yu., Arzhannikov A.V., Kalinin P.V., Sinitsky S.L. Powerful Long-Pulse Bragg FEL of Sub-THz to THz-band: Simulations and Tests of Electrodynamic System // Proceedings 7th All-Russian Microwave Conference, RMC 2020, Moscow, Russian Federation, 25-27 November 2020. - Danvers : IEEE, 2020. - P. 74-76. - Bibliogr.: 12 ref. - DOI 10.1109/RMC50626.2020.9312305.**
- 1059 **Peskov N.Yu., Abubakirov E.B., Arzhannikov A.V., Denisenko A.N., Ginzburg N.S., Kalinin P.V., Sinitsky S.L., Stepanov V.D., Zaslavsky V.Yu. Projects of sub-GW/mm-wave Cherenkov Masers with 2D Slow-Wave Structures of Planar and Cylindrical Geometry intended for Powering Systems of Compton-type FELs // Proceedings 7th All-Russian Microwave Conference, RMC 2020, Moscow, Russian Federation, 25-27 November 2020. - Danvers : IEEE, 2020. - P. 70-73. - Bibliogr.: 12 ref. - DOI 10.1109/RMC50626.2020.9312321.**
- 1060 **Брязгин А.А., Безуглов В.В., Воронин Л.А., Нехаев В.Е., Радченко В.М., Сидоров А.В., Ткаченко В.О., Факторович Б.Л., Штарклев Е.А., Власов А.Ю., Коробейников М.В., Пак А.В. Ускорители электронов ИЛУ и их возможности в пищевой промышленности // Ядерно-физические исследования и технологии в сельском хозяйстве (к 50-летию со дня образования ФГБНУ ВНИИ радиологии и агроэкологии) : Сборник докладов Международной научно-практической конференции, Обнинск, 16-18 сентября 2020 г. - Обнинск : ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2020. - С. 315.**
- 1061 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Ovtin I., Skovpen Y. Performance of the CMS Level-1 trigger in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV // Journal of Instrumentation. - 2020. - Vol. 15, Is. 10. - Art.nr P10017. -61 p. - Bibliogr.: 29 ref. - DOI 10.1088/1748-0221/15/10/P10017.**
- 1062 **Knyazev V.A., Pavelyev V.S. Optimization of parameters of binary phase axicons for the generation of terahertz vortex surface plasmon polaritons on cylindrical conductors // Computer Optics. - 2020. - Vol. 44, Is. 5. - P. 852-858. - Bibliogr.: 29 ref. - DOI 10.18287/2412-6179-CO-726.**
- 1063 **Sirunyan A.M., Collab. CMS, Barnyakov A., Blinov V., Dimova T., Kardapoltsev L., Skovpen Y. Study of J/psi meson production inside jets in pp collisions at $\sqrt{s}=8$ TeV // Physics Letters B. - 2020. - Vol. 804. - Art.nr 135409. -24 p. - Bibliogr.: 42 ref. - DOI 10.1016/j.physletb.2020.135409.**
- 1064 **Сердюков Д.С., Мещерякова И.А., Горячковская Т.Н., Попик В.М., Пельтек С.Е. Исследование влияния терагерцового излучения на живые системы с помощью флуоресцентных E. Coli биосенсоров // VII Троицкая конференция с международным участием «Медицинская физика» (ТКМФ-7), Москва, 19–21 октября 2020 г. : сборник тезисов. - Москва : Издательство ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 2020. - С. 57-58. - Библиогр.: 4 назв.**
- 1065 **Kuzmichev L., Collab. TAIGA, Garmash A., Ivanova A. Experimental Complex TAIGA // Physics of Atomic Nuclei. - 2020. - Vol. 83, Is. 9. - P. 1375-1382. - Bibliogr.: 25 ref. - DOI 10.1134/S1063778820090161.**
- 1066 **Grabovsky A.V. On the Development of Methods to Study High Gluon Density Effects in QCD // Physics of Atomic Nuclei. - 2020. - Vol. 83, Is. 6. - P. 1006-1010. - Bibliogr.: 34 ref. - DOI 10.1134/S1063778820060162.**
- 1067 **Bondar A., Borisova E., Buzulutskov A., Oleynikov V., Sokolov A., Frolov E. Observation of an Unusual Long Component in the Electroluminescence of a Two-Phase Argon Detector // Physics of Atomic Nuclei. - 2020. - Vol. 83, Is. 6. - P. 949-953. - Bibliogr.: 16 ref. - DOI 10.1134/S1063778820060071.**
- 1068 **Gerasimov R.E., Fadin V.S. Cancellation of Leading Contributions to Radiative Corrections to the Cross Section for Elastic Electron-Proton Scattering in Experiments Devoted to Measuring the Proton Charge Radius // Physics of Atomic Nuclei. - 2020. - Vol. 83, Is. 6. - P. 1015-1019. - Bibliogr.: 6 ref. - DOI 10.1134/S1063778820060150.**
- 1069 **Achasov M.N., Barnyakov A.Yu., Baykov A.A., Beloborodov K.I., Berdyugin A.V., Bogdanchikov A.G., Botov A.A., Golubev V.B., Dimova T.V., Druzhinin V.P., Zabin V.N., Zhulanov V.V., Kardapoltsev L.V., Kharlamov A.G., Kovrizhin D.P., Korol A.A., Kupich A.S.,**

- Martin K.A., Melnikova N.A., Muchnoi N.Yu., Obrazovsky A.E., Pakhtusova E.V., Pugachev K.V., Savchenko Ya.S., Serednyakov S.I., Shtol D.A., Silagadze Z.K., Surin I.K., Usov Yu.V., Kharlamov A.G., Shtol D.A. Separation of the Process $e+e- \rightarrow n\bar{n}$ by Means of time Measurements in the Calorimeter // *Physics of Atomic Nuclei*. - 2020. - Vol. 83, Is. 6. - P. 937-939. - Bibliogr.: 11 ref. - DOI 10.1134/S1063778820060010.
- 1070 Epifanov D.A., Collab. Super Charm-Tau Factory Project of Super Charm-Tau Factory // *Physics of Atomic Nuclei*. - 2020. - Vol. 83, Is. 6. - P. 944-948. - Bibliogr.: 24 ref. - DOI 10.1134/S1063778820060137.
- 1071 Chernyak V.L. Mass Spectra in $N = 1$ SQCD with Additional Colorless Fields and Problems with the Seiberg Duality // *Physics of Atomic Nuclei*. - 2020. - Vol. 83, Is. 6. - P. 997-1005. - Bibliogr.: 6 ref. - DOI 10.1134/S1063778820060035.
- 1072 Grozin A.G., Marquard P., Smirnov A.V., Smirnov V.A., Steinhauser M. Matching Heavy-Quark Fields in QCD and HQET at 4 Loops // *Physics of Atomic Nuclei*. - 2020. - Vol. 83, Is. 6. - P. 994-996. - Bibliogr.: 13 ref. - DOI 10.1134/S1063778820060174.
- 1073 Budnev N., Collab. TAIGA, Garmash A., Ivanova A., Kravchenko E., Sokolov A. Status of the TAIGA Experiment: From Cosmic-Ray Physics to Gamma Astronomy in Tunka Valley // *Physics of Atomic Nuclei*. - 2020. - Vol. 83, Is. 6. - P. 905-915. - Bibliogr.: 40 ref. - DOI 10.1134/S1063778820060113.
- 1074 Берендеев Е.А., Тимофеев И.В. Суперкомпьютерное моделирование полевой ионизации при взаимодействии лазерного импульса с плазмой // Марчуковские научные чтения – 2020 : Тезисы Международной конференции, посвященной 95-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука, Новосибирск, 19-23 октября 2020 г. - Новосибирск : ИВМиМГ СО РАН, 2020. - С. 178.
- 1075 Быков Е.В., Воскобойников Р.В., Иванов А.В., Кузин Г.И., Лебедев Н.Н., Павлов А.Ф., Тенекеджи О.А. Практикум по радиоэлектронике. RLC-элементы. Биполярные транзисторы. Полевые транзисторы. Операционные усилители : лабораторные работы № 1-4 [Электронный ресурс]. - 2-е изд., испр. - Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2020. - 76 с. - (РЭЛ ; 1-4).
- 1076 Баткин В.И., Грошев В.Р., Казанин В.Ф., Федотович Г.В. Экзаменационные задачи по физике для 9-х классов СУНЦ НГУ [Электронный ресурс]. - Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2020. - 30 с. : ил. - ISBN 978-5-4437-1009-9.
- 1077 Mazarov P., Dudnikov V.G., Tolstoguzov A.B. Electrohydrodynamic emitters of ion beams // *Physics-Uspekhi*. - 2020. - Vol. 63, Is. 12. - P. 1219-1255. - Bibliogr.: 366 ref. - DOI 10.3367/UFNe.2020.09.038845.
- 1078 Achasov M.N., Barnyakov A.Y., Baykov A.A., Beloborodov K.I., Berdyugin A.V., Bogdanchikov A.G., Botov A.A., Golubev V.B., Dimova T.V., Druzhinin V.P., Zhabin V.N., Zhulanov V.V., Kardapol'tsev L.V., Kovrizhin D.P., Korol A.A., Kupich A.S., Martin K.A., Melnikova N.A., Muchnoi N.Y., Obrazovsky A.E., Pakhtusova E.V., Pugachev K.V., Savchenko Y.S., Serednyakov S.I., Silagadze Z.K., Surin I.K., Usov Y.V., Kharlamov A.G., Shtol D.A. Study of the Dynamics of the Process $e+e- \rightarrow \pi+\pi-\pi^0$ in the Energy Range between 1.15 and 2.00 GeV // *Physics of Atomic Nuclei*. - 2020. - Vol. 83, Is. 6. - P. 940-943. - Bibliogr.: 18 ref. - DOI 10.1134/S1063778820060022.
- 1079 Shemyakin D.N., Akhmetshin R. R., Amirkhanov A.N., Anisenkov A.V., Aulchenko V.M., Banzarov V.Sh., Bashtovoy N.S., Berkaev D. E., Bondar A.E., Bragin A. V., Eidelman S. I., Epifanov D.A., Epshteyn L.B., Erofeev A.L., Fedotov G. V., Gayazov S. E., Grebenuk A.A., Gribanov S.S., Grigoriev D. N., Ignatov F.V., Ivanov V. L., Karpov S.V., Kazanin V.F., Koop I.A., Korobov A.A., Kozyrev A.N., Kozyrev E.A., Krokovny P.P., Kirpotin A.N., Kuzmenko A. E., Kuzmin A.S., Logashenko I.B., Lukin P. A., Mikhailov K.Yu., Okhapkin V.S., Otboev A.V., Pestov Yu.N., Popov A. S., Razuvaev G.P., Rogovsky Yu. A., Ruban A.A., Ryskulov N. M., Ryzhenenkov A.E., Semenov A.V., Senchenko A.I., Shatunov Yu.M., Shebalin V.E., Shemyakin D.N., Shwartz B.A., Shwartz D. B., Sibidanov A.L., Solodov E.P., Talyshev A.A., Titov V.M., Tolmachev S. S., Uskov A.A., Vorobiov A. I., Zemlyansky I.M., Yudin Yu.V. Search for the Process $e^- \rightarrow D^*(2007)^0$ with the CMD-3 Detector // *Physics of Atomic Nuclei*. - 2020. - Vol. 83, Is. 6. - P. 954-957. - Bibliogr.: 10 ref. - DOI 10.1134/S1063778820060277.
- 1080 Knyazev B.A., Paveleyev V.S. Optimization of parameters of binary phase axicons for the generation of terahertz vortex surface plasmon polaritons on cylindrical conductors // *Computer Optics*. - 2020. - Vol. 44, Is. 5. - P. 852-856. - Bibliogr.: 29 ref. - DOI 10.18287/2412-6179-CO-726.
- 1081 Мороз Э.М., Кривенцов В.В., Саенко И.С., Удовский А.Л. Исследование локальной структуры стабилизированной флюоритной фазы в $ZrO_2-18Y_2O_3$ и $ZrO_2-9Y_2O_3-4.5MgO$ методами РФА и рентгеновской спектроскопии поглощения // Шестой междисциплинарный научный форум с международным участием "Новые материалы и перспективные технологии", Москва, 23-27 ноября 2020 г. : сборник материалов. - Москва : АНО ЦНТР, 2020. - Т. 1. - С. 667-669. - Библиогр.: 3 назв.

**Соглашения о сотрудничестве между ИЯФ
и зарубежными лабораториями**

Название лаборатории		Область сотрудничества	Год	Координатор(ы)
№	1	2	3	4
1	<i>Daresbury Англия</i>	Генерация и использование СИ.	1977	<i>Г. Кулипанов (ИЯФ); И. Мунро (Daresbury)</i>
2	<i>BESSY Германия</i>	Создание вигглеров для BESSY-2.	1993	<i>Н. Мезенцев (ИЯФ); Э. Яшке (BESSY)</i>
3	<i>Иссл. центр Россендорф (Германия)</i>	Физические исследования источника нейтронов на базе магнитной ловушки.	1994	<i>А. Иванов (ИЯФ); К. Ноак (Германия)</i>
4	<i>Ядерный центр "Карлсруэ" (Германия)</i>	1. Разработка концептуального проекта и базы данных для нейтронного источника на основе ГДЛ. 2. Моделирование процессов в диверторе ИТЕР.	1994	<i>А. Иванов, А. Бурдаков (ИЯФ); Г. Кесслер (Германия)</i>
5	<i>GSI (Германия)</i>	Сотрудничество в области физики ускорителей: электронное охлаждение, электронные коллайдеры.	1995	<i>Ю. Шатунов, В. Пархомчук (ИЯФ); Х. Эйкхоф (GSI)</i>
6	<i>DESY (Германия)</i>	Физика элементарных частиц, синхротронное излучение, физика и технология ускорителей, электроника и экспериментальное оборудование.	1995	<i>А. Скринский, Г. Кулипанов (ИЯФ); А. Вагнер, К. Шерф (DESY)</i>
7	<i>CIEMAT (Испания)</i>	Ускорительные технологии и физика плазмы.	2007	<i>Е. Левичев (ИЯФ); Ж. Рубио (CIEMAT)</i>
8	<i>CELLS (Испания)</i>	Сотрудничество в области использования нового оборудования для источников СИ.	2008	<i>Е. Левичев (ИЯФ), Джоан Бордас и Орпинелл (CELLS)</i>
9	<i>INFN (Италия)</i>	Разработка интенсивного источника радиоактивных ионных пучков для экспериментов по физике ядра.	1984	<i>П. Логачев (ИЯФ); Л. Теккио (INFN)</i>
10	<i>Унив. Милана (Италия)</i>	Теоретические и численные исследования динамического хаоса в классической и квантовой механике.	1991	<i>А. Скринский (ИЯФ); Т. Монтегацца, Дж. Казати (Италия)</i>
11	<i>INFN-LNF (Италия)</i>	Разработка проекта коллайдера DAFNE-II	2004	<i>Е. Левичев (ИЯФ); С. Бискари (INFN-LNF)</i>
12	<i>Унив. Падуи (Италия)</i>	Разработка криогенных детекторов для экспериментов по физике нейтрино.	2008	<i>А. Бондарь (ИЯФ); А. Гудлиелми (Италия)</i>
13	<i>Национальный ядерный центр. Парк ядерных технологий (Казахстан)</i>	Разработка и использование промышленных ускорителей, генерация и использование нейтронных пучков, разработка источников СИ, ВЧ-генераторов.	2007	<i>Г. Кулипанов (ИЯФ); К. Кадыржанов, А. Кусаинов (Казахстан)</i>
14	<i>Национальный ядерный центр. Национальный университет им. Аль-Фараби (Казахстан)</i>	Создание и развитие многоцелевого научно-исследовательского комплекса радиационных технологий и терагерцового излучения.	2009	<i>Г. Кулипанов (ИЯФ); К. Кадыржанов, Б. Жумагулов (Казахстан)</i>

15	<i>Институт современной физики, Ланчжоу (КНР)</i>	Сотрудничество в области физики ускорителей: электронное охлаждение, ВЧ-системы.	2000	<i>В. Пархомчук (ИЯФ); С. Янг (КНР)</i>
16	<i>Компания Воер, г. Шеньжень (КНР)</i>	Использование электронного ускорителя ИЛУ-10, обмен специалистами, информацией и экспериментальным оборудованием.	2005	<i>А. Брызгин (ИЯФ); Лео Ли (КНР)</i>
17	<i>SINAP (КНР)</i>	Исследования в области промышленных электронных ускорителей.	2006	<i>А. Брызгин (ИЯФ); Ху Хонкью (КНР)</i>
18	<i>ИНЕР (КНР)</i>	Работа китайских учёных на установках ИЯФ, работа учёных из ИЯФ на установках ИНЕР.	2007	<i>А. Скринский (ИЯФ); Х. Чен (ИНЕР)</i>
19	<i>Центр кооперации с Россией и Белоруссией пров. Хейлуцзян (КНР)</i>	Обмен информацией о разработках ИЯФ и потребностях китайских предприятий в технологиях и продукции.	2009	<i>Д. Григорьев (ИЯФ); Чжан Хун-Вей (КНР)</i>
20	<i>POSTECH (Корея)</i>	Создание ускорителей пучков, дополнительных устройств, эксперименты по СИ.	1992	<i>А. Скринский, Н. Мезенцев (ИЯФ); Х. Ким (POSTECH)</i>
21	<i>KAERI (Корея)</i>	Создание ЛЭСЭ и ускорителя-рекуператора.	1999	<i>Н. Винокуров (ИЯФ); Б.С. Ли (KAERI)</i>
22	<i>BNL, Брукхевен (США)</i>	1. Измерение магнитной аномалии мюона. 2. Совместные работы по спину.	1991	<i>Дж. Банс, Ю. Шатунов (ИЯФ); С. Озаки (BNL).</i>
23	<i>ANL, Аргонн (США)</i>	1. Эксперименты с поляризованной газовой мишенью. 2. Аппаратура для синхротронного излучения (СИ).	1988 1993	<i>Р. Холт (ANL) Г. Кулипанов, А. Скринский (ИЯФ); Шеной (США)</i>
24	<i>Унив. Питтсбурга (США)</i>	Эксперименты на ВЭПП-2М и ϕ -фабрика.	1989	<i>С. Эйдельман, Е. Солодов (ИЯФ); В. Савинов (США)</i>
25	<i>Унив. Дюка (США)</i>	Лазеры на свободных электронах.	1992	<i>Н. Винокуров (ИЯФ); Й. Ву (Duke)</i>
26	<i>BNL, Брукхевен (США)</i>	Сотрудничество по электрон-ионным коллайдерам.	1993	<i>В. Пархомчук (ИЯФ); И. Бен-Зви (США)</i>
27	<i>FERMILAB (США)</i>	Сотрудничество в области физики ускорителей: охлаждение, системы конверсии.	1993	<i>В. Пархомчук (ИЯФ); О. Финли (FERMILAB)</i>
28	<i>FERMILAB (США)</i>	Обмен учёными и инженерами для проведения исследований.	1995	<i>А. Скринский (ИЯФ); П. Оддоне (FERMILAB)</i>
29	<i>SLAC, Стэнфорд (США)</i>	Получение субмикронных пучков, получение интенсивных позитронных пучков, разработка элементов В-фабрики, детекторов, ВЧ-генераторов на базе магнитонов.	1994	<i>А. Скринский (ИЯФ); Персис Дрэл (SLAC)</i>
30	<i>Институт физики плазмы АНЧР (Чехия)</i>	Сотрудничество в области исследований по физике плазмы и диагностики плазмы.	2008	<i>А. Иванов (ИЯФ); П. Храска (ЧР)</i>

31	<i>CERN</i> (Швейцария)	1. Научно-исследовательские и конструкторские работы по детекторам для большого адронного коллайдера LHC. 2. Создание элементов комплекса LHC.	1992 1996	<i>А. Бондарь,</i> <i>Ю. Тихонов (ИЯФ);</i> <i>Т. Накада,</i> <i>П. Йенни (CERN)</i> <i>В. Анашин (ИЯФ);</i> <i>Л. Эванс (CERN)</i>
32	<i>Институт Поля Шерера</i> (Швейцария)	Сотрудничество в области физики частиц.	2009	<i>Д. Григорьев (ИЯФ);</i> <i>Д. Месот (Институт Поля Шерера)</i>
33	<i>CERN</i> (Швейцария)	Исследования и развитие технологии микроструктурных детекторов.	2009	<i>Ю. Тихонов (ИЯФ);</i> <i>С. Бертоллуччи (CERN)</i>
34	<i>CERN</i> (Швейцария)	Совместные работы по разработке электрон-позитронных коллайдеров со сверхвысокой светимостью.	2009	<i>Е. Левичев (ИЯФ);</i> <i>С. Маерс (CERN)</i>
35	<i>RIKEN Spring-8</i> (Япония)	Сотрудничество в области физики ускорителей и синхротронного излучения.	1996	<i>Г. Кулипанов (ИЯФ);</i> <i>Х. Камицубо (Япония)</i>
36	<i>КЕК</i> (Япония)	Проведение исследований в области физики ускорителей и смежных областях, разработка детекторов элементарных частиц.	1995	<i>А. Скринский (ИЯФ);</i> <i>А. Сузуки (КЕК)</i>
37	<i>Центр плазменных исследований</i> <i>Унив. Цукуба</i> (Япония)	Исследования на открытых ловушках.	2007	<i>А. Иванов (ИЯФ);</i> <i>Т. Имай (Япония)</i>

Научное руководство ИЯФ СО РАН

Члены Российской академии наук

Академики:

Бондарь Александр Евгеньевич
Диканский Николай Сергеевич
Кулипанов Геннадий Николаевич
Логачев Павел Владимирович
Пархомчук Василий Васильевич
Скринский Александр Николаевич

Директор:

Логачев Павел Владимирович

Научный руководитель:

Скринский Александр Николаевич

Научные руководители направлений:

Иванов Александр Александрович
Кулипанов Геннадий Николаевич
Тихонов Юрий Анатольевич

Учёный секретарь:

Аракчеев Алексей Сергеевич

Члены-корреспонденты РАН:

Винокуров Николай Александрович
Тихонов Юрий Анатольевич
Фадин Виктор Сергеевич
Шатунов Юрий Михайлович

Заместители директора по научной работе:

Багрянский Пётр Андреевич
Левичев Евгений Борисович
Логашенко Иван Борисович

Заместитель директора

Беркаев Дмитрий Евгеньевич

Заместитель директора по производству

Стешов Андрей Георгиевич

Заместитель директора-главный инженер

Чуркин Игорь Николаевич

Ученый совет

1. Логачев Павел Владимирович, председатель
2. Аракчеев Алексей Сергеевич, секретарь
3. Ачасов Михаил Николаевич
4. Багрянский Петр Андреевич
5. Беклемишев Алексей Дмитриевич
6. Беликов Олег Витальевич
7. Беркаев Дмитрий Евгеньевич
8. Блинов Владимир Евгеньевич
9. Бондарь Александр Евгеньевич
10. Брызгин Александр Альбертович
11. Бурдаков Александр Владимирович
12. Винокуров Николай Александрович
13. Григорьев Дмитрий Николаевич
14. Диканский Николай Сергеевич
15. Дружинин Владимир Прокопьевич
16. Золотарев Константин Владимирович
17. Иванов Александр Александрович
18. Кооп Иван Александрович
19. Краснов Александр Анатольевич

20. Кузьмин Александр Степанович
21. Кулипанов Геннадий Николаевич
22. Левичев Алексей Евгеньевич
23. Левичев Евгений Борисович
24. Ли Роман Николаевич
25. Логашенко Иван Борисович
26. Мезенцев Николай Александрович
27. Мешков Олег Игоревич
28. Мильштейн Александр Ильич
29. Пархомчук Василий Васильевич
30. Пиминов Павел Алексеевич
31. Полосаткин Сергей Викторович
32. Рева Владимир Борисович
33. Сковородин Дмитрий Иванович
34. Скринский Александр Николаевич
35. Старостенко Александр Анатольевич
36. Стешов Андрей Георгиевич
37. Сурин Илья Константинович
38. Тихонов Юрий Анатольевич
39. Фадин Виктор Сергеевич
40. Чуркин Игорь Николаевич
41. Шатунов Юрий Михайлович
42. Шварц Дмитрий Борисович
43. Шевченко Олег Александрович
44. Шиховцев Игорь Владимирович
45. Шиянков Сергей Владимирович
46. Яковлев Дмитрий Вадимович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ им. Г.И. БУДКЕРА
Сибирского отделения Российской академии наук

ЕЖЕГОДНЫЙ ОТЧЕТ
2020

Обложка Е.Д. Бендер

Ответственный за выпуск А.С. Аракчеев
Работа поступила 1.07.2021 г.

Сдано в набор 2.07.2021 г.

Подписано в печать 2.07.2021 г.

Формат 60x90 1/16 Объем 14 печ.л., 12 уч.-изд.л.

Тираж 130 экз. Бесплатно. Заказ № 7

Обработано на РС и отпечатано
на ротапинтере «ИЯФ им. Г.И. Будкера» СО РАН,
Новосибирск, 630090, пр. Академика Лаврентьева,