

Приложение 3.

Форма открытия (продления)

Проекта / Подпроекта КИП

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института

_____ / _____ /

“ _____ “ _____ 202_ г.

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОТКРЫТИЯ / ПРОДЛЕНИЯ
ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КРУПНОГО ИНФРАСТРУКТУРНОГО ПРОЕКТА
ПО НАПРАВЛЕНИЮ ИССЛЕДОВАНИЙ
В ПРОБЛЕМНО-ТЕМАТИЧЕСКОМ ПЛАНЕ ОИЯИ**

**1. Общие сведения о проекте / подпроекте крупного инфраструктурного проекта
(далее КИП)**

1.1. Шифр темы / КИП (для продлеваемых проектов) – *шифр темы включает дату открытия, дата окончания не указывается, т. к. она определяется сроками завершения проектов в теме.*

02-1-1065-2007/20XX

1.2. Шифр проекта / подпроекта КИП (для продлеваемых проектов и подпроектов)

02-1-1065-4-2020/20XX

1.2. Лаборатория

ЛФВЭ

1.3. Научное направление

Физика высоких энергий

1.4. Наименование проекта / подпроекта КИП

Создание установки SPD для изучения спиновых эффектов в ядерных взаимодействиях

1.5. Руководитель(и) проекта / подпроекта КИП

Гуськов А.В.

1.6. Заместитель(и) руководителя проекта / подпроекта КИП (научный руководитель проекта/ подпроекта КИП

Ладыгин В.П.

2. Научное обоснование и организационная структура

2.1. Аннотация

SPD – это планируемая к созданию экспериментальная установка на коллайдере NICA, предназначенная для изучения спиновой структуры протона и дейтрона, а также других спин-зависимых явлений с помощью поляризованных пучков протонов и дейтронов при энергии столкновения до 27 ГэВ и светимости до $10^{32} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. В поляризованных протон-протонных столкновениях эксперимент SPD закроет разрыв в кинематической области между низкоэнергетическими измерениями на ANKE-COSY и SATURNE и высокоэнергетическими измерениями на Релятивистском коллайдере тяжелых ионов (RHIC), а также планируемыми экспериментами с неподвижной мишенью на LHC. Что касается возможности работы NICA с поляризованными пучками дейтронов при таких энергиях, то она уникальна. Планируется, что SPD будет работать как универсальная установка для всестороннего изучения неполяризованной и поляризованной глюонной структуры нуклона при больших и средних значениях переменной x с использованием различных дополняющих друг друга пробников, таких как: чармонии, открытый чарм и прямые фотоны. Приоритетом является измерение партонных распределений, зависящих от поперечного импульса партонов в нуклоне (TMD PDFs). Изучение спиновых эффектов в упругом рассеянии протонов и дейтронов и в рождении лямбда-гиперонов, поиск дибарионных резонансов, изучение рождения очарованных частиц у порога, изучение мультикварковых корреляций, а также прочая поляризованная и неполяризованная физика будут доступны на первом этапе работы коллайдера с пониженной светимостью и энергией столкновений пучков протонов и ионов. Предлагаемая программа физики охватывает по крайней мере 5 лет работы SPD.

2.2. Научное обоснование (цель, актуальность и научная новизна, методы и подходы, методики, ожидаемые результаты, риски)

Физическое обоснование

Квантовая хромодинамика достигла замечательных успехов в описании процессов с большими передачами энергии и импульса, где партоны в адронах ведут себя, в некоторой степени, как свободные частицы и, следовательно, может быть использован пертурбативный подход КХД. Сечение жестких процессов в КХД может быть представлено в виде множителей: зависящее от конкретного процесса пертурбативно-вычислимое партонное сечение на малых расстояниях (жесткая часть) и универсальные функции, описывающие взаимодействие на больших расстояниях, PDF и FF (мягкая часть). Тем не менее, большая часть адронных взаимодействий включает процессы с малыми передачами, в которых эффективная константа сильной связи велика, и описание в рамках пертурбативного подхода не является адекватным. К настоящему моменту был разработан ряд (полу)феноменологических подходов для

описания сильного взаимодействия в непертурбативной области из первых принципов. Они успешно описывают такие важнейшие явления, как ядерные свойства и взаимодействия, адронные спектры, деконфайнмент, различные поляризованные и неполяризованные эффекты в адронном взаимодействии и др. Переход между пертурбативной и непертурбативной КХД также является предметом особого внимания. Несмотря на большой набор экспериментальных данных и огромный опыт экспериментов в энергетической области нескольких ГэВ с неподвижными мишенями по всему миру, этот диапазон энергий по-прежнему привлекает как экспериментаторов, так и теоретиков.

Глюоны, наряду с кварками, являются фундаментальными составляющими нуклона. Они играют ключевую роль в формировании его массы и переносят около половины его импульса в жестких (полу)инклюзивных процессах. Спин нуклона также складывается из собственных спинов валентных и морских кварков (спин-1/2), глюонов (спин-1) и их орбитальных угловых моментов. Несмотря на прогресс, достигнутый за последние десятилетия в понимании вклада кварков в спин нуклона, глюонный сектор развит гораздо слабее. Одна из трудностей заключается в отсутствии прямых пробников для доступа к глюонной составляющей в высокоэнергетических процессах. Если кварковый вклад в спин нуклона был достаточно точно определен в экспериментах по полуинклюзивному глубоконеупругому рассеянию (SIDIS), таких как EMC, HERMES и COMPASS, то глюонный вклад все еще недостаточно хорошо оценен, хотя ожидается, что он будет значительным.

	Unpolarized	Circular	Linear
Unpolarized	$g(x)$ density		$h_1^{\perp g}(x, k_T)$ Boer-Mulders function
Longitudinal		$\Delta g(x)$ helicity	Kotzinian-Mulders function
Transverse	$\Delta_N^g(x, k_T)$ Sivers function	Worm-gear function	$\Delta_T g(x)$ transversity (deuteron only), pretzelosity

Tab 1 Функции TMD PDF в лидирующем приближении.

В последние годы предметом тщательного изучения стала трехмерная партонная структура нуклона. Точное знание трехмерной структуры нуклона имеет решающее значение для нашего понимания основ квантовой хромодинамики (КХД). Одним из способов выйти за рамки обычного коллинеарного приближения является описание составляющих нуклона в пространстве импульсов с помощью так называемых функций распределения партонов, зависящих от поперечного импульса (TMD PDFs) [1-6] (см. Таб. 1).

Наиболее мощным инструментом для изучения TMD PDF является измерение спин-зависимых азимутальных асимметрий, в SIDIS [1, 4, 5, 7] и процессах Дрелла-Яна

[8, 9]. Дополнительная информация о TMD-зависимых функциях фрагментации, необходимая для интерпретации данных SIDIS, получена из e+e- измерений [10]. Будучи активно развивающейся областью, TMD-физика вызывает большой экспериментальный и теоретический интерес во всем мире, стимулируя новые измерения и развитие методов извлечения TMD PDF, ориентированных на существующие и будущие данные лептон-нуклонных, электрон-позитронных и адрон-адронных установок в BNL, CERN, DESY, FNAL, JLab и KEK. Недавние обзоры экспериментальных и теоретических достижений в области TMD можно найти в работах [11-15]. В то время как было проведено (а также планируется провести) значительное количество экспериментальных измерений и достигнуто теоретическое понимание TMD PDF лидирующего порядка (LO, твист-2), таких как функции Сиверса, Бура-Молдерса и transversity для кварков, для изучения результатов глобальной аппроксимации имеющихся данных для глюонной функции Сиверса представлен на Рис. 1. По TMD PDF глюона имеется лишь небольшое количество данных [16-21].

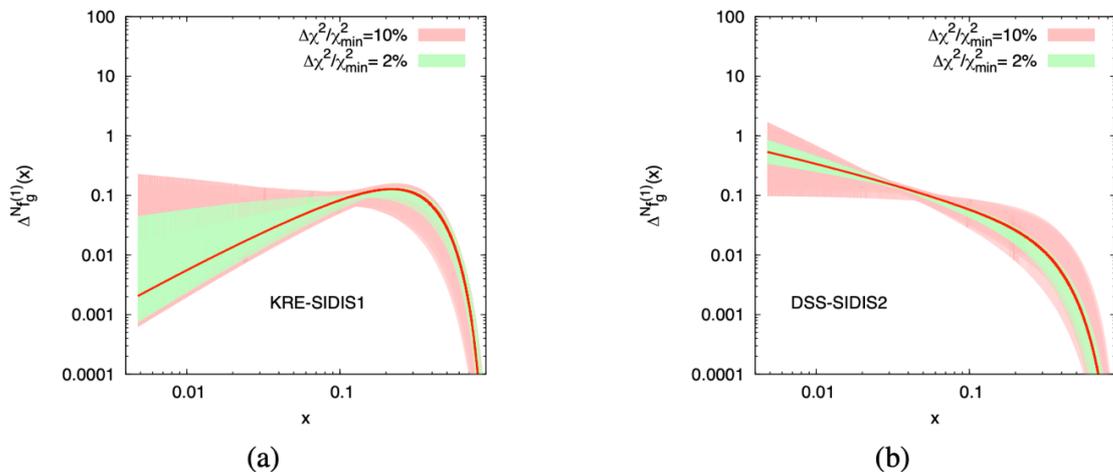


Рис. 1 Первый k_T -момент глюонной функции Сиверса для двух разных предположений о Сиверс-функции кварков.

Простейшая модель дейтрона представляет собой слабосвязанное состояние протона и нейтрона в основном в S-волне с небольшой примесью D-волны. Этот подход мало помогает в описании структуры дейтрона при больших Q^2 . Так, он не смог описать экспериментальные результаты HERMES по структурной функции b_1 . Уникальная возможность работать с поляризованными дейтронными пучками приводит нас в мир тензорной структуры дейтрона. Возможное небарионное содержание в дейтроне может сыграть важную роль в понимании ядерной модификации PDF (EMC- эффект). Поскольку оператор transversity для глюона требует изменения спина на две единицы, он не имеет смысла для нуклонов со спином 1/2 [22]. Поэтому глюонные transversity функции протона и нейтрона не могут вносить прямой вклад в глюонную transversity функцию дейтрона. Ненулевая глюонная transversity функция дейтрона может быть признаком наличия в дейтроне ненуклонной компоненты или каких-то других экзотических адронных механизмов.

Большинство существующих экспериментальных результатов по спин-зависимому распределению глюонов в нуклоне получено в экспериментах в DESY (HERMES), CERN (COMPASS) и BNL (STAR и PHENIX). Изучение распределений поляризованных

глюонов в протоне и ядрах является важной частью будущих проектов в Европе и США, таких как AFTER@LHC и LHCSpin в ЦЕРНе и EIC в BNL [23-25]. Несмотря на то, что

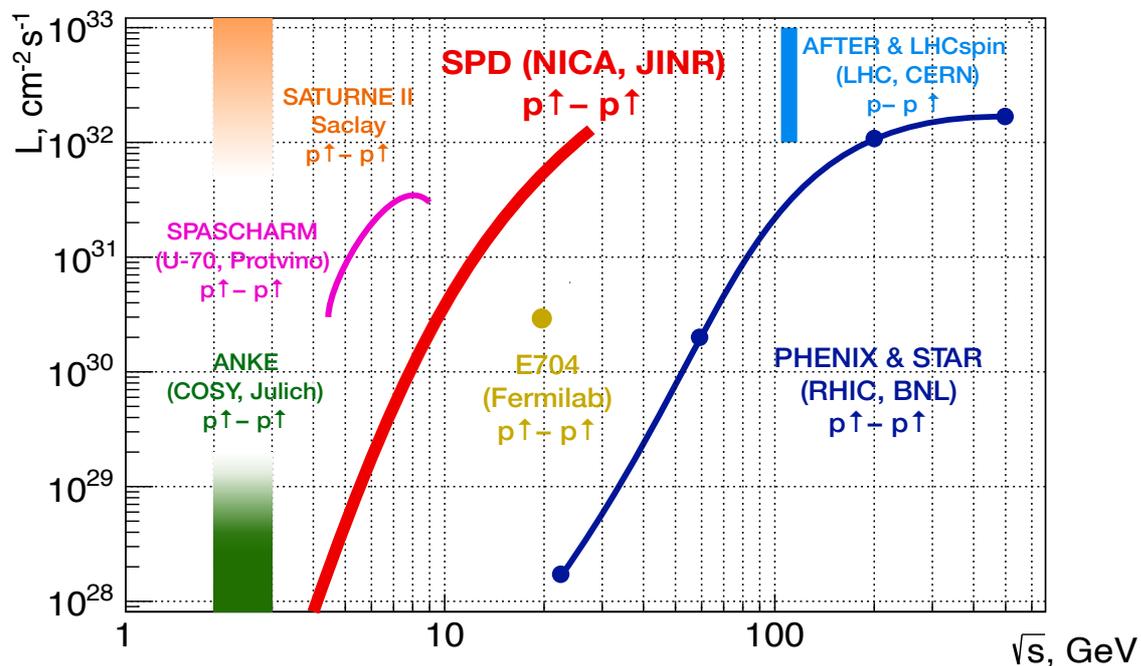


Рис 2. NICA SPD и другие эксперименты с поляризованными протонами, завершившиеся, продолжающиеся и планируемые.

глюоны в нуклоне были успешно исследованы в SIDIS-экспериментах, адронные столкновения имеют важное преимущество, поскольку они исследуют глюоны на борновском уровне без привлечения электромагнитных взаимодействий. Кинематический диапазон по энергии в системе центра масс в протон-протонных столкновениях, доступный на SPD, показан на Рис. 2.

Подробное описание физических задач, которые будут решаться на SPD, можно найти в [26-28].

Список литературы.

- [1] A. Kotzinian. New quark distributions and semiinclusive electroproduction on the polarized nucleons. *Nucl. Phys. B*, 441:234–248, 1995, hep-ph/9412283.
- [2] P. J. Mulders and R. D. Tangerman. The Complete tree level result up to order $1/Q$ for polarized deep inelastic leptonproduction. *Nucl. Phys.*, B461:197–237, 1996, hep-ph/9510301. [Erratum: *Nucl. Phys.*B484,538(1997)].
- [3] Daniel Boer and P.J. Mulders. Time reversal odd distribution functions in leptonproduction. *Phys. Rev. D*, 57:5780–5786, 1998, hep-ph/9711485.
- [4] K. Goeke, A. Metz, and M. Schlegel. Parameterization of the quark-quark correlator of a spin-1/2 hadron. *Phys. Lett. B*, 618:90–96, 2005, hep-ph/0504130.

- [5] Alessandro Bacchetta, Markus Diehl, Klaus Goeke, Andreas Metz, Piet J. Mulders, and Marc Schlegel. Semi-inclusive deep inelastic scattering at small transverse momentum. *JHEP*, 02:093, 2007, hep-ph/0611265.
- [6] R. Angeles-Martinez et al. Transverse Momentum Dependent (TMD) parton distribution functions: status and prospects. *Acta Phys. Polon. B*, 46(12):2501–2534, 2015, 1507.05267.
- [7] S. Bastami et al. Semi-Inclusive Deep Inelastic Scattering in Wandzura-Wilczek-type approximation. *JHEP*, 06:007, 2019, 1807.10606.
- [8] S. Arnold, A. Metz, and M. Schlegel. Dilepton production from polarized hadron hadron collisions. *Phys. Rev.*, D79:034005, 2009, 0809.2262.
- [9] S. Bastami, L. Gamberg, B. Parsamyan, B. Pasquini, A. Prokudin, and P. Schweitzer. The Drell-Yan process with pions and polarized nucleons. 5 2020, 2005.14322.
- [10] Andreas Metz and Anselm Vossen. Parton Fragmentation Functions. *Prog. Part. Nucl. Phys.*, 91:136–202, 2016, 1607.02521.
- [11] Mauro Anselmino, Asmita Mukherjee, and Anselm Vossen. Transverse spin effects in hard semi-inclusive collisions. 1 2020, 2001.05415.
- [12] Harut Avakian, Bakur Parsamyan, and Alexey Prokudin. Spin orbit correlations and the structure of the nucleon. *Riv. Nuovo Cim.*, 42(1):1–48, 2019, 1909.13664.
- [13] Matthias Grosse Perdekamp and Feng Yuan. Transverse Spin Structure of the Nucleon. *Ann. Rev. Nucl. Part. Sci.*, 65:429–456, 2015, 1510.06783.
- [14] Mariaelena Boglione and Alexei Prokudin. Phenomenology of transverse spin: past, present and future. *Eur. Phys. J. A*, 52(6):154, 2016, 1511.06924.
- [15] Christine A. Aidala, Steven D. Bass, Delia Hasch, and Gerhard K. Mallot. The Spin Structure of the Nucleon. *Rev. Mod. Phys.*, 85:655–691, 2013, 1209.2803.
- [16] A. Adare et al. Measurement of transverse-single-spin asymmetries for midrapidity and forward-rapidity production of hadrons in polarized p+p collisions at $\sqrt{s} = 200$ and 62.4 GeV. *Phys. Rev. D*, 90(1):012006, 2014, 1312.1995.
- [17] A. Adare et al. Measurement of Transverse Single-Spin Asymmetries for J/ψ Production in Polarized $p + p$ Collisions at $\sqrt{s} = 200$ GeV. *Phys. Rev. D*, 82:112008, 2010, 1009.4864. [Erratum: Phys.Rev.D 86, 099904 (2012)].
- [18] C. Aidala et al. Single-spin asymmetry of J/ψ production in $p+p$, $p+Al$, and $p+Au$ collisions with transversely polarized proton beams at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV. *Phys. Rev. D*, 98(1):012006, 2018, 1805.01491.
- [19] C. Aidala et al. Cross section and transverse single-spin asymmetry of muons from open heavy-flavor decays in polarized $p+p$ collisions at $\sqrt{s} = 200$ GeV. *Phys. Rev. D*, 95(11):112001, 2017, 1703.09333.
- [20] C. Adolph et al. First measurement of the Sivers asymmetry for gluons using SIDIS data. *Phys. Lett. B*, 772:854–864, 2017, 1701.02453.
- [21] Adam Szabelski. The gluon Sivers asymmetry measurements at COMPASS. *PoS, DIS2016:219*, 2016.
- [22] Vincenzo Barone, Alessandro Drago, and Philip G. Ratcliffe. Transverse polarisation of quarks in hadrons. *Phys. Rept.*, 359:1–168, 2002, hep-ph/0104283.
- [23] C. Hadjidakis et al. A Fixed-Target Programme at the LHC: Physics Case and Projected Performances for Heavy-Ion, Hadron, Spin and Astroparticle Studies. 7 2018, 1807.00603.
- [24] C.A. Aidala et al. The LHCSpin Project. pages 204–207, 2020, 1901.08002.
- [25] A. Accardi et al. Electron Ion Collider: The Next QCD Frontier: Understanding the glue that binds us all. *Eur. Phys. J. A*, 52(9):268, 2016, 1212.1701.

- [26] A. Arbutov *et al.*, *On the physics potential to study the gluon content of proton and deuteron at NICA SPD Prog. Part. Nucl. Phys.* 119 (2021), 103858 [hep-ex/201115005]
 [27] V. V. Abramov *et al.*, *Possible studies at the first stage of the NICA collider operation with polarized and unpolarized proton and deuteron beams* [hep-ex/210208477]
 [28] V. M. Abazov *et al.* [SPD Collaboration], *Conceptual design of the Spin Physics Detector* [hep-ex/210200442].

Предлагаемые измерения

Поляризованные глюонные распределения в протоне и дейтроне при промежуточных и высоких значениях переменной x предлагается исследовать в SPD с помощью трех дополняющих друг друга пробников: инклюзивное рождение чармония, открытого чарма (оба через глюон-глюонное слияние $gg \rightarrow c\bar{c}$) и прямых фотонов $qg \rightarrow q\gamma$ (см. рис. 3). Изучение этих процессов дополняет такие проверенные подходы по изучению партонной структуры нуклона в адронных столкновениях, как инклюзивное рождение адронов с большим поперечным импульсом и процесс Дрелла-Яна. К сожалению, последний вряд ли может быть доступен в SPD из-за малого сечения и неблагоприятных фоновых условий. Для эффективной регистрации всех вышеперечисленных глюонных пробников установку SPD планируется оснастить пробной (мюонной) системой, электромагнитным калориметром, времяпролетной системой, трекером на основе straw-трубок и кремниевым вершинным детектором.

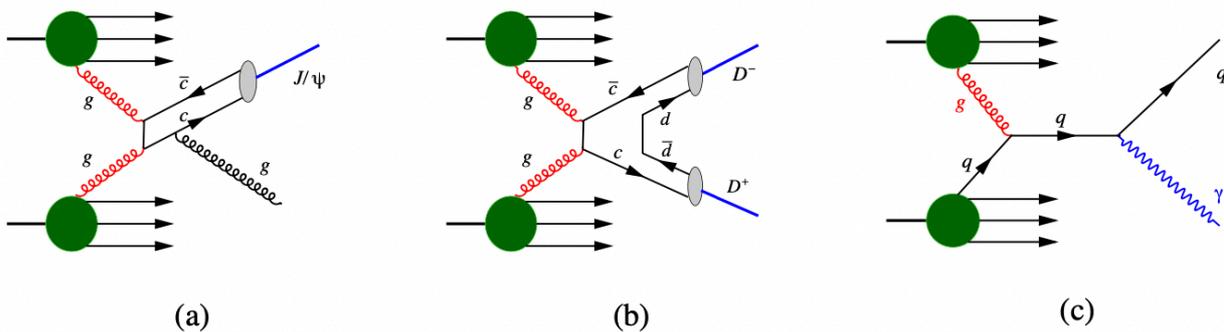


Fig. 3 Диаграммы, иллюстрирующие три пробника для доступа к глюонному содержанию протона и дейтрона в поляризованных столкновениях на NICA SPD: рождение (a) чармония, (b) открытого чарма и (c) прямых фотонов.

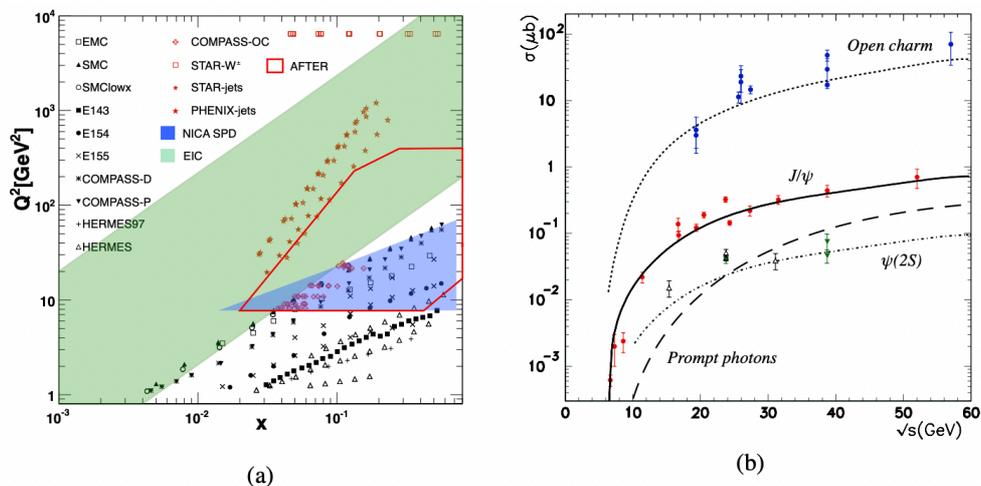


Fig. 4: (a) Кинематический диапазон (x , Q^2) для имеющихся данных, используемых в глобальном анализе для определения поляризованных PDF кварков (чёрные) и глюонов (красные значки). Кинематическая область, которую, как ожидается, закроет NICA в процессах рождения открытого чарма, чармониев и прямых фотонов, показана синим. (b) Сечение рождения открытого чарма, чармониев и прямых фотонов, ($p_T > 3$ GeV) как функция энергии в системе центра масс.

Почти 4π покрытие установки и малое количество вещества во внутренней части детектора должны обеспечить высокую эффективность регистрации требуемых конечных состояний.

Такие пробники, как инклюзивное рождение нейтральных и заряженных пионов, а также других легких мезонов, для которых жесткий процесс $qg \rightarrow qg$ доминирует в определенной кинематической области и которые были успешно использованы для доступа к поляризованным глюонным распределениям протона в экспериментах на RHIC, конечно, тоже могут быть использованы в SPD для этой цели. Регистрация этих процессов не накладывает дополнительных специфических требований на экспериментальную установку и может проводиться параллельно с вышеупомянутыми основными пробниками.

Задача эксперимента - получить доступ к глюонным функциям партонных распределений в протоне и дейтроне через измерение одиночных и двойных спиновых асимметрий. Тензорные асимметрии, измеренные в поляризованных d-d столкновениях, будут использованы для доступа к тензорным PDF кварков и глюонов. На первом этапе работы SPD в базовой конфигурации с энергией пучков и светимостью ниже проектных внимание будет уделено изучению поляризованных и неполяризованных явлений в непертурбативной области, таких как спиновые эффекты в p-p и d-d рассеянии, многокварковые состояния и корреляции, поляризация гиперонов, рождение гиперядер, короткодействующие корреляции в столкновениях легких ионов (до Ca) и др.

Предварительный план работы эксперимента SPD представлен в Таб. 2.

Physics goal	Required time	Experimental conditions
First stage		
Spin effects in p - p scattering dibaryon resonances	0.3 year	$p_{L,T}$ - $p_{L,T}$, $\sqrt{s} < 7.5$ GeV
Spin effects in d - d scattering hypernuclei	0.3 year	d_{tensor} - d_{tensor} , $\sqrt{s} < 7.5$ GeV
Hyperon polarization, SRC, ... multiquarks	0.3 year	ions up to Ca
Second stage		
Gluon TMDs, SSA for light hadrons	1 year	p_T - p_T , $\sqrt{s} = 27$ GeV
TMD-factorization test, SSA, charm production near threshold, onset of deconfinement, \bar{p} yield	1 year	p_T - p_T , $7 \text{ GeV} < \sqrt{s} < 27 \text{ GeV}$ (scan)
Gluon helicity, ...	1 year	p_L - p_L , $\sqrt{s} = 27$ GeV
Gluon transversity, non-nucleonic structure of deuteron, "Tensor polarized" PDFs	1 year	d_{tensor} - d_{tensor} , $\sqrt{s_{NN}} = 13.5$ GeV or/and d_{tensor} - p_T , $\sqrt{s_{NN}} = 19$ GeV

Таб.. 2: Предварительный план работы эксперимента SPD.

Физические задачи диктуют конфигурацию детектора. Экспериментальная установка SPD (см. Рис. 5) проектируется как универсальный 4π-детектор с расширенными возможностями трекинга и идентификации частиц на основе современных технологий. Кремниевый вершинный детектор обеспечит разрешение для положения вершины на уровне менее 100 мкм, необходимое для реконструкции вторичных вершин распадов D-мезонов. Трековая система на основе straw-трубок, размещенная в соленоидальном магнитном поле до 1 Тл на оси детектора, должна обеспечить разрешение по поперечному импульсу около 2% для импульса частиц 1 ГэВ/с. Времяпролетная система с временным разрешением около 60 пс обеспечит разделение 3σ π/K и K/p до около 1,2 ГэВ/с и 2,2 ГэВ/с, соответственно. Использование фокусирующего детектора черенковских колец на основе аэрогеля (FARICH) может расширить этот диапазон. Регистрация фотонов будет обеспечиваться электромагнитным калориметром (ECal) с энергетическим разрешением $\sim 5\%/\sqrt{E}$. Чтобы минимизировать эффекты многократного рассеяния и конверсии фотонов, количество вещества во внутренних областях детектора будет сведено к минимуму. Пробежная (мюонная) система планируется для идентификации мюонов. Она также может функционировать как грубый адронный калориметр. Пучковые счетчики и калориметры нулевого угла, размещенные по обе стороны от точки взаимодействия, будут отвечать за локальную поляризацию и контроль светимости. Для минимизации возможных систематических эффектов SPD будет оснащен бестриггерной системой сбора данных. Высокая частота столкновений (до 4 МГц) и несколько сотен тысяч каналов детектора представляют собой серьезный вызов для системы сбора данных, онлайн-мониторинга, компьютерной инфраструктуры и программного обеспечения для обработки данных.

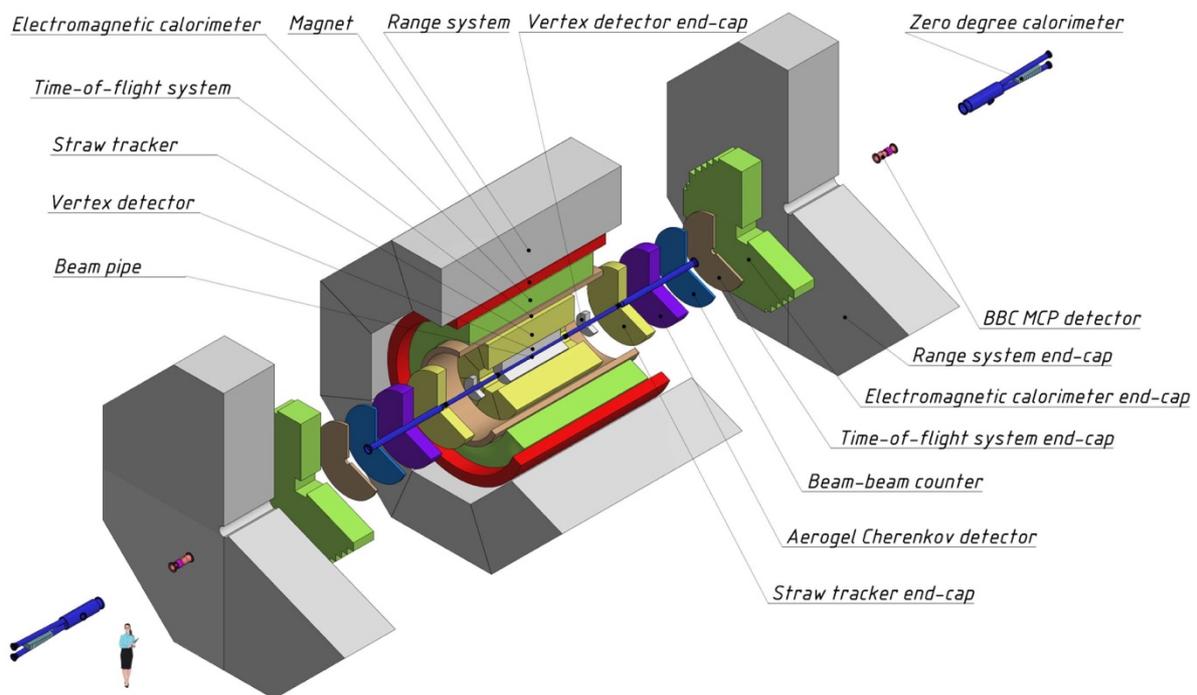


Figure 5 Схема установки SPD

Работа установки SPD может быть начата уже в 2030 году с использованием возможностей поляризованных p-p и d-d столкновений при $\sqrt{s} < 9.4$ ГэВ и 4.5 ГэВ/нуклон, соответственно, а также А-А столкновений. Начальная конфигурация должна состоять из пробегной системы, соленоидального магнита, трековой системы на основе straw-трубок, а также пар калориметров нулевого угла и пучковых счетчиков. Простой центральный трекер на основе детекторов MicroMegas будет установлен на первом этапе в центральной области вместо сложного кремниевого вершинного детектора, чтобы сохранить разумное импульсное разрешение.

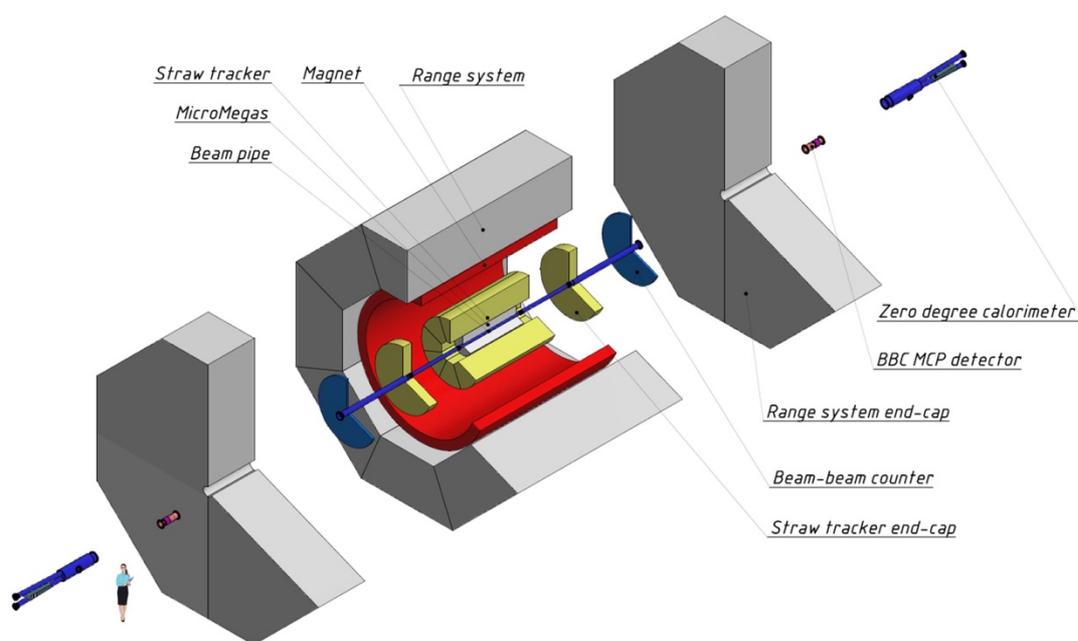


Рис. 6 Схема установки SPD на первом этапе.

Список литературы.

[1] SPD collaboration, *Technical Design Report, 2022-2024*

Риски и возможные сложности в реализации проекта.

- 1) Значительное увеличение стоимости проекта ввиду изменения геополитической обстановки и доступности иностранных компонентов, материалов и технологий.
- 2) Задержка с созданием и развитием ускорительной инфраструктуры комплекса NICA для работы с поляризованными пучками.
- 3) Неопределённость с параметрами поляризованных и неполяризованных пучков, доступных для первой фазы эксперимента.

План работ на период 2025-2029.

- 1) Разработка конструкторской документации, создание и тесты прототипов, производство детекторов и подсистем первой фазы проекта: мюонной системы,

сверхпроводящего соленоида и сопутствующей криогенной системы, трекового детектора на основе straw-трубок, счётчика пучковых соударений ВВС, детектора пучковых столкновений на основе МСР, центрального трекера на основе детекторов Micromegas, калориметра нулевого угла, торцевой части электромагнитного калориметра, системы сбора данных, системы медленного контроля, газораспределительной системы и несущих конструкций установки.

2) Подготовка, создание и тестирование компьютерной инфраструктуры для проведения Монте Карло моделирования в интересах проекта SPD, а также подготовка системы приёма, обработки и хранения данных.

3) Продолжение НИОКР для детекторов второй фазы: кремниевого вершинного детектора, время-пролётной системы, электромагнитного калориметра, детектора на основе азрогеля.

4) Взаимодействие с Ускорительным отделением ЛФВЭ по вопросам создания, тестирования и оптимизации инфраструктуры для работы с поляризованными пучками протонов и дейтронов на коллайдере NICA.

2.3. Предполагаемый срок выполнения

2025 - 2029

2.4. Участвующие лаборатории ОИЯИ

ЛФВЭ, ЛЯЦ, ЛИТ, ЛТФ

2.4.1. Потребности в ресурсах МИВК

Вычислительные ресурсы	Распределение по годам				
	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
Хранение данных (ТБ)					
- EOS	0	2000	5000	7000	10000
- Ленты	1500	2000	10000	14000	20000
Tier 1 (ядро-час)	17 520 000	43 800 000	87 600 000	131 140 000	175 200 000
Tier 2 (ядро-час)	1 752 000	4 380 000	8 760 000	13 114 000	17 520 000
СК «Говорун» (ядро-час)					
- CPU	1 752 000	4 380 000	8 760 000	8 760 000	8 760 000
- GPU	175 200 000	438 000 000	876 000 000	876 000 000	876 000 000
Облака (CPU ядер)	100	150	200	200	250

2.5. Участвующие страны, научные и научно-образовательные организации

Организация	Страна	Город	Участники	Тип соглашения
Национальная научная лаборатория им. Алиханяна	Армения	Ереван	Н. Иванов +	MoU
ПИЯФ	Россия	Гатчина	В. Ким +	MoU
Самарский университет	Россия	Самара	В. Салеев +	MoU
СПбПУ	Россия	Санкт.-Петербург	Я. Бердников +	MoU
СПбГУ	Россия	Санкт.-Петербург	В. Вечернин +	MoU
НИИЯФ МГУ	Россия	Москва	А. Бережной +	MoU
ТГУ	Россия	Томск	С. Филимонов+	MoU
БГУ	Россия	Белгород	А. Кубанкин+	MoU
ФИАН	Россия	Москва	В. Андреев+	MoU
ИЯИ	Россия	Троицк	Е. Усенко +	MoU
МИФИ	Россия	Москва	Г. Нигматулов+	MoU
ИЯФ РК	Казахстан	Алматы	С. Сахиев +	MoU
ИЯФ БГУ	Беларусь	Минск	А. Лобко +	MoU
ИЯФ СО РАН	Россия	Новосибирск	А. Барняков+	MoU
Гаванский университет	Куба	Гавана	Ф. Гузман+	
Курчатовский институт (ИТЭФ)	Россия	Москва	И. Алексеев+	
ИФВЭ КИ	Россия	Протвино	С. Головня+	
ВШЭ	Россия	Москва	Ф. Ратников+	
iThemba LABS	ЮАР	Кейптаун	Н. Стодарт+	
Институт физики Белградского университета	Сербия	Белград	Д. Малетич	
Гомельский государственный университет	Беларусь	Гомель	В. Андреев+	
Институт прикладной физики НАН	Беларусь	Минск	Р. Шуляковский	
Институт физики НАН	Беларусь	Минск	Ю. Кульчицкий+	
Университет Циньхуа	Китай	Пекин	И. Ванг +	
SAPHIRE/Университет Андреса Белло	Чили	Сантьяго	С. Кулешов	

2.6. Организации-соисполнители (те сотрудничающие организации/партнеры без финансового, инфраструктурного участия которых выполнение программы исследований невозможно. Пример — участие ОИЯИ в экспериментах ЛНС в CERN)

3. Кадровое обеспечение

3.1. Кадровые потребности в течение первого года реализации

№ № п/п	Категория работника	Основной персонал, сумма FTE	Ассоциированный персонал, сумма FTE
1.	научные работники	60	10
2.	Инженеры	40	
3.	специалисты	1	
4.	служащие		
5.	рабочие	5	
	Итого:	106	10

3.2. Доступные кадровые ресурсы

3.2.1. Основной персонал ОИЯИ

№№ п/п	Категория работников	ФИО	Подра зделен ие	Должность	Сумма FTE
1.	научные работники	128			64,0
		Абазов В.М.	ЛЯП	НС	0,9
		Александров Е.И.	ЛИТ	НС	0,3
		Александров И.Н.	ЛИТ	начальник сектора	0,3
		Алексахин В.Ю.	ЛФВЭ	ВНС	0,5
		Алексеев Г.Д.	ЛЯП	начальник сектора	0,9
		Аллахвердиева А.Э.	ЛЯП	стажер-исследователь	1
		Анфимов Н.В.	ЛЯП	начальник сектора	0,3
		Артиков А.М.	ЛЯП	начальник сектора	0,3
		Астахов В.И.	ЛФВЭ	СНС	0,2
		Атанов Н.В.	ЛЯП	НС	0,3
		Афанасьев Л.Г.	ЛЯП	СНС	0,8
		Ахунзянов Р.Р.	ЛФВЭ	НС	1
		Байгарашев Д.	ЛФВЭ	МНС	0,5
		Балдин А.А.	ЛФВЭ	начальник отдела	0,4
		Балдина Э.Г.	ЛФВЭ	СНС	0,5
		Баранов А.В.	ЛЯП	НС	0,5
		Блеко В.В.	ЛФВЭ	начальник группы	0,4
		Блеко В.В.	ЛФВЭ	начальник сектора	0,4
		Богословский Д.Н.	ЛФВЭ	СНС	0,3
		Бойков А.В.	ЛЯП	МНС	0,5
		Большакова А.Е.	ЛЯП	НС	0,5
		Борисов В.В.	ЛФВЭ	начальник сектора	0,1
		Буреш М.	ЛИТ	СНС	0,5
		Бушмина Е.А.	ЛФВЭ	стажер-исследователь	0,3
		Вертоградов Л.С.	ЛЯП	консультант при дирекции лаборатории	1
		Верхеев А.Ю.	ЛЯП	СНС	0,5
		Войтишин Н.Н.	ЛИТ	зам.директора лаборатории по научной работе	0,3
		Волков П.В.	ЛФВЭ	МНС	0,3
		Гавришук О.П.	ЛФВЭ	ВНС	0,8
		Галоян А.С.	ЛФВЭ	ВНС	0,5
		Гладилин Л.К.	ЛЯП	ВНС	0,5
		Голубых С.М.	ЛФВЭ	СНС	0,7
		Гонгадзе А.	ЛЯП	начальник сектора	0,3
		Гребень Н.В.	ЛИТ	стажер-исследователь	1
		Гридин А.О.	ЛЯП	НС	0,5
		Грицай К.И.	ЛЯП	НС	0,8
		Гурчин Ю.В.	ЛФВЭ	НС	0,2
		Гусейнов Н.	ЛЯП	СНС	0,4
		Гуськов А.В.	ЛЯП	зам.директора лаборатории	0,6
		Давыдов Ю.И.	ЛЯП	начальник отдела	0,3
		Датга А.	ЛЯП	СНС	1
		Дедович Д.В.	ЛЯП	НС	0,6
		Демичев М.А.	ЛЯП	НС	0,2
		Денисенко И.И.	ЛЯП	начальник сектора	0,8

		Дидоренко А.В.	ЛИТ	стажер-исследователь	0,5
		Дима М.-О.	ЛЯП	ВНС	1
		Дима М.-Т.	ЛЯП	МНС	1
		Дунин В.Б.	ЛФВЭ	СНС	0,5
		Елецких И.В.	ЛЯП	СНС	0,5
		Еник Т.Л.	ЛФВЭ	начальник группы	0,7
		Жевлаков А.С.	ЛТФ	СНС	0,2
		Жемчугов А.С.	ЛЯП	заместитель начальника отдела	0,4
		Жижин И. А.	ЛФВЭ	МНС	0,3
		Журавлёв Н.И.	ЛЯП	консультант при дирекции лаборатории	0,9
		Замятин Н.И.	ЛФВЭ	начальник сектора	0,5
		Земляничкина Е.В.	ЛФВЭ	начальник сектора	1
		Зимин И.Ю.	ЛЯП	НС	0,4
		Золотых Д.А.	ЛФВЭ	начальник группы	0,2
		Иванов А.В.	ЛФВЭ	НС	1
		Иванов Н.Я.	ЛФВЭ	СНС	0,5
		Исупов А.Ю.	ЛФВЭ	ВНС	0,3
		Каржавин В.Ю.	ЛФВЭ	начальник отдела	0,2
		Карпишков А.В.	ЛЯП	НС	0,5
		Кекелидзе Г.Д.	ЛФВЭ	начальник сектора	0,5
		Керейбай Д.	ЛФВЭ	МНС	0,5
		Клевцова Е.А.	ЛФВЭ	заместитель начальника отдела	0,4
		Кокоулина Е.С.	ЛФВЭ	начальник группы	0,5
		Корзенев А.Ю.	ЛФВЭ	начальник отдела	1
		Костенко Б.Ф.	ЛИТ	СНС	0,3
		Крамаренко В.А.	ЛФВЭ	СНС	0,5
		Кручонок В.Г.	ЛЯП	НС	0,3
		Куликов А.В.	ЛЯП	советник при дирекции лаборатории	1
		Кульчицкий Ю.А.	ЛЯП	начальник сектора	0,4
		Курбатов В.С.	ЛЯП	СНС	1
		Курманалиев Ж.	ЛЯП	МНС	0,5
		Кутузов С.А.	ЛЯП	НС	1
		Ладыгин В.П.	ЛФВЭ	начальник отделения	0,3
		Ладыгин Е.А.	ЛФВЭ	ВНС	1
		Ледниcki Р.	ЛФВЭ	главный НС	0,1
		Лысан В.М.	ЛФВЭ	НС	0,2
		Мадигожин Д.Т.	ЛФВЭ	начальник сектора	0,2
		Мальцев А.	ЛЯП	НС	0,5
		Минеев М.А.	ЛИТ	НС	0,3
		Мовчан С.А.	ЛФВЭ	начальник сектора	0,2
		Мухамеджанов Е.	ЛФВЭ	СНС	0,3
		Мухамеджанова А.	ЛФВЭ	МНС	0,3
		Мыктыбеков Д.	ЛФВЭ	МНС	0,3
		Никитин В.А.	ЛФВЭ	главный НС	0,1
		Никифоров Д.Н.	ЛФВЭ	начальник отдела	0,4
		Олейник Д.А.	ЛИТ	СНС	1
		Ольшевский А.Г.	ЛЯП	начальник отдела	0,2
		Ососков Г.А.	ЛИТ	главный НС	0,3
		Перелыгин В.В.	ЛФВЭ	СНС	0,2
		Петров М.В.	ЛФВЭ	начальник группы	0,2
		Петросян А.Ш.	ЛИТ	СНС	1
		Пискун А.А.	ЛЯП	МНС	0,8
		Попов В.В.	ЛФВЭ	СНС	0,3
		Прокошин Ф.В.	ЛЯП	СНС	1

		Резников С.Г.	ЛФВЭ	СНС	0,3
		Рогачёва Н.С.	ЛФВЭ	СНС	1
		Рыбников А.В.	ЛЯП	НС	0,2
		Саламатин К.М.	ЛФВЭ	НС	0,5
		Салеев В.А.	ЛТФ	ВНС	0,5
		Самойлов О.Б.	ЛЯП	начальник отдела	0,3
		Селюнин А.С.	ЛЯП	НС	0,2
		Симоненко А.В.	ЛЯП	СНС	0,5
		Скачкова А.Н.	ЛЯП	СНС	1
		Терёхин А.А.	ЛФВЭ	НС	0,3
		Терещенко В.В.	ЛЯП	начальник группы	0,3
		Теряев О.В.	ЛТФ	ГНС/зам директора	0,3
		Тропина А.И.	ЛЯП	МНС	0,4
		Ужинский В.В.	ЛИТ	ВНС	0,3
		Узиков Ю.Н.	ЛЯП	ВНС	0,5
		Усенко Е.А.	ЛФВЭ	НС	0,5
		Фролов В.Н.	ЛЯП	НС	0,4
		Хабаров С.В.	ЛФВЭ	СНС	0,3
		Харьюзов П.Р.	ЛФВЭ	начальник группы	0,5
		Чальшев В.В.	ЛЯП	СНС	0,5
		Чмилёв В.Б.	ЛФВЭ	ВНС	0,8
		Чохели Д.	ЛЯП	СНС	0,3
		Чуканов А.В.	ЛЯП	СНС	0,3
		Шалаев В.В.	ЛФВЭ	МНС	0,3
		Шаров В.И.	ЛЯП	МНС	0,3
		Шиманский С.С.	ЛФВЭ	СНС	0,5
		Шипилова А.В.	ЛЯП	СНС	0,5
		Шкаровский С.Н.	ЛФВЭ	СНС	0,3
		Шматов С.В.	ЛИТ	Директор лаборатории	0,2
		Штехер К.	ЛЯП	СНС	1
2.	инженеры	51			23
		Азорский Н.И.	ЛФВЭ	ведущий инженер	0,3
		Аносов В. А.	ЛФВЭ	ведущий инженер	1
		Баутин В.В.	ЛФВЭ	инженер	0,5
		Башарина К.Д.	ЛФВЭ	инженер-конструктор категории 2	0,5
		Беляева Е.В.	ЛФВЭ	инженер-конструктор категории 1	0,5
		Беспалов Ю.Г.	ЛФВЭ	старший инженер	0,2
		Будковский Д.В.	ЛФВЭ	инженер	0,5
		Васильева Е.В.	ЛФВЭ	старший инженер	0,3
		Васюков А.О.	ЛЯП	инженер	0,5
		Вертоградова Ю.Л.	ЛЯП	инженер	1
		Волков И.С.	ЛФВЭ	инженер	0,3
		Герасимов С.Е.	ЛФВЭ	инженер-конструктор категории 1	0,2
		Ершов Ю.В.	ЛФВЭ	ведущий инженер	0,3
		Зубарев Е.В.	ЛФВЭ	старший инженер	0,3
		Камбар Ы.	ЛФВЭ	инженер	0,5
		Капитонов И.Ю.	ЛФВЭ	инженер	0,5
		Ковязина Н.А.	ЛЯП	инженер	0,8
		Кожин М.А.	ЛФВЭ	инженер	1
		Кожукалов В.А.	ЛЯП	инженер	0,5
		Копылов Ю.А.	ЛФВЭ	инженер	0,3
		Коровкин П.С.	ЛФВЭ	старший инженер	0,4
		Костюхов Е.В.	ЛФВЭ	ведущий инженер	0,3
		Котова А.А.	ЛФВЭ	инженер	0,2
		Кузнецова К.И.	ЛЯП	инженер	0,5

		Кухарев В.А.	ЛФВЭ	ведущий инженер	0,4
		Ливанов А.Н.	ЛФВЭ	ведущий инженер	0,5
		Лошманова К.В.	ЛФВЭ	инженер	0,2
		Ляшко И.	ЛЯП	инженер	0,7
		Минко О.	ЛФВЭ	ведущий инженер	1
		Михайлов К.В.	ЛФВЭ	ведущий инженер	0,3
		Нагорный С.Н.	ЛФВЭ	ведущий инженер	0,5
		Ромахов С.	ЛФВЭ	инженер	0,5
		Савенков А.А.	ЛФВЭ	инженер	0,3
		Сагимбаева Н.	ЛФВЭ	старший инженер	0,4
		Самарцев А.Г.	ЛЯП	инженер-конструктор 1 категории	1
		Сафонов А.Б.	ЛФВЭ	старший инженер	0,4
		Серюбин С.С.	ЛЯП	инженер	0,5
		Синельщикова С.Е.	ЛФВЭ	инженер	0,3
		Соколов С.А.	ЛЯП	старший инженер	0,3
		Старикова С.Ю.	ЛФВЭ	инженер	0,3
		Стрелецкая Е.А.	ЛФВЭ	инженер	0,3
		Тарасов О.Г.	ЛФВЭ	старший инженер	0,3
		Тишевский А.В.	ЛФВЭ	инженер	0,3
		Токменин В.В.	ЛЯП	инженер	1
		Топилин Н.Д.	ЛФВЭ	заместитель главного инженера лаборатории	0,1
		Троян Ю.А.	ЛФВЭ	инженер-программист	0,4
		Чемезов Д.Д.	ЛФВЭ	инженер	0,3
		Четвериков А.В.	ЛЯП	инженер-электроник 2 категории	0,3
		Четвериков С.А.	ЛФВЭ	инженер	0,4
		Шереметьева А.И.	ЛФВЭ	инженер	0,3
		Шунько А.А.	ЛФВЭ	инженер-конструктор 1 категории	0,3
3.	специалисты	4			1.2
		Какурин С.И.	ЛФВЭ	главный технический специалист	0,5
		Павлов В.В.	ЛФВЭ	старший техник	0,2
		Суховаров С.И.	ЛФВЭ	ведущий конструктор	0,3
		Федосеев Д.В.	ЛЯП	ведущий электроник	0,2
4.	рабочие	10			5.6
		Асадова К.В.	ЛФВЭ	лаборант	0,5
		Газзаев А.-Б.В.	ЛЯП	старший лаборант	0,5
		Дима М.	ЛЯП	лаборант	1
		Жуков И.А.	ЛФВЭ	механик экспериментальных стендов и установок	0,3
		Зинин А.В.	ЛФВЭ	механик экспериментальных стендов и установок	0,3
		Конак А.С.	ЛИТ	лаборант	0,5
		Ленский П.И.	ЛЯП	лаборант	0,5
		Пудин С.И.	ЛФВЭ	лаборант	1
		Русов Д.И.	ЛЯП	лаборант	0,5
		Хабаев З.К.	ЛИТ	лаборант	0,5
	Итого:	193			93.8

3.2.2. Ассоциированный персонал ОИЯИ

№№ п/п	Категория работников	Организация-партнер	Сумма FTE
1.	научные работники		7,3
		МИФИ	$13 \times 0.3 = 3.9$
		НИИЯФ МГУ	$3 \times 0.3 = 0.9$
		ПИЯФ	$5 \times 0.3 + 2 \times 0.5 = 2.5$
2.	инженеры		
3.	специалисты		
4.	рабочие		
	Итого:		7,3

4. Финансовое обеспечение

4.1. Полная сметная стоимость проекта / подпроекта КИП

Прогноз полной сметной стоимости (указать суммарно за весь срок, за исключением ФЗП).

Детализация приводится в отдельной форме.

66 300 000 долларов

4.2. Внебюджетные источники финансирования

Предполагаемое финансирование со стороны соисполнителей/заказчиков — общий объем.

13 300 000 долларов

Руководитель проекта / подпроекта КИП _____ / _____ /

Дата представления проекта / подпроекта КИП в ДНОД _____

Дата решения НТС Лаборатории _____, номер документа _____

Год начала проекта / подпроекта КИП _____

(для продлеваемых проектов) — год начала работ по проекту _____

**Предлагаемый план-график и необходимые ресурсы для осуществления
Проекта / Подпроекта КИП**

Наименования затрат, ресурсов, источников финансирования		Стоимость (млн. долл.) потребности в ресурсах	Стоимость, распределение по годам					
			1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	
	Международное сотрудничество (МНТС)	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
	Материалы	51.5	5.0	13.5	15.5	9	8.5	
	Оборудование и услуги сторонних организаций (пуско-наладочные работы)	12.0	1.3	4.1	2.1	2.2	2.3	
	Пуско-наладочные работы							
	Услуги научно-исследовательских организаций	1.5	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	
	Приобретение программного обеспечения	0.2	0.1	0.1				
	Проектирование/строительство	0.6	0.2	0.3	0.1			
	Сервисные расходы (планируются в случае прямой принадлежности к проекту)							
Необходимые ресурсы	Нормо-час	Ресурсы						
		– сумма FTE,	116	140	140	140	140	
		– ускорителя/установки,	2000	500	500	500	500	
Источники финансирования	Бюджетные средства	Бюджет ОИЯИ (статьи бюджета)	53	7.0	15.5	14.5	8.4	7.6
		Вклады соисполнителей	2.4	0.1	0.5	0.5	0.6	0.7
	Внебюджет (доп. смета)	Средства по договорам с заказчиками						
	Другие источники финансирования	10.9	0.1	2.5	3.1	2.5	2.7	

Руководитель проекта / подпроекта КИП _____ / _____ /

Экономист Лаборатории _____ / _____ /

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КИП

НАИМЕНОВАНИЕ ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КИП

УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КИП

ШИФР ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КИП

ШИФР ТЕМЫ / КИП

ФИО РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КИП

СОГЛАСОВАНО

ВИЦЕ-ДИРЕКТОР ИНСТИТУТА

ПОДПИСЬ

ФИО

ДАТА

ГЛАВНЫЙ УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
ИНСТИТУТА

ПОДПИСЬ

ФИО

ДАТА

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР

ПОДПИСЬ

ФИО

ДАТА

ДИРЕКТОР ЛАБОРАТОРИИ

ПОДПИСЬ

ФИО

ДАТА

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ЛАБОРАТОРИИ

ПОДПИСЬ

ФИО

ДАТА

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ЛАБОРАТОРИИ

ПОДПИСЬ

ФИО

ДАТА

РУКОВОДИТЕЛЬ ТЕМЫ / КИП

ПОДПИСЬ

ФИО

ДАТА

РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА /
ПОДПРОЕКТА КИП

ПОДПИСЬ

ФИО

ДАТА

ОДОБРЕН ПКК ПО НАПРАВЛЕНИЮ

ПОДПИСЬ

ФИО

ДАТА

