

НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ ЗА 2012 ГОД
по гранту Президента Российской Федерации
для государственной поддержки
молодых российских учёных
за счёт средств федерального бюджета
МК-3977.2011.2

1. Номер гранта:

МК-3977.2011.2

2. Фамилия, имя, отчество:

Липатов Артем Владимирович

3. Тема научного исследования:

Исследование эффектов новой физики и фоновых процессов Стандартной Модели при энергиях современных коллайдеров

4. Полученные за отчетный период научные (научно-технические) результаты:

Одной из основных задач проекта являлось изучение теорий за рамками Стандартной Модели, в частности, моделей с дополнительными измерениями пространства-времени. Для корректного описания возможных следствий моделей такого типа, а также для выработки предсказаний для их экспериментальной проверки на существующих и строящихся ускорителях, необходимо детально представлять возможные эффекты от появления новых частиц, отсутствующих в СМ, а также математическую структуру таких моделей (в частности, свойства механизмов локализации полей на бране). В рамках данного направления в 2012 году были проведены следующие работы:

1) Известно, что в моделях с «универсальными» дополнительными измерениями поля СМ не локализованы точно на бране, а распространяются во всем многомерном пространстве. В этом случае, в частности, в эффективной четырехмерной теории возникают башни калибровочных бозонов W' и Z' , являющихся тяжелыми аналогами обычных калибровочных бозонов W и Z . В 2011 году в рамках выполнения работ по гранту был построен эффективный модельно-независимый четырехмерный лагранжиан, отвечающий вкладу Калуца-Клейновских возбуждений калибровочных бозонов, а также исследован вклад башен калибровочных бозонов W' и Z' в процессы с участием W и Z бозонов в теориях с дополнительными измерениями пространства-времени [Э.Э. Боос, И.П. Волобуев, М.А. Перфилов, М.Н. Смоляков, «Поиски W' - и Z' -бозонов в моделях с большими дополнительными измерениями», Теоретическая и математическая физика, т. 170(1) (2012) 110–117]. Были продемонстрированы характерные изменения хвостов распределений в процессах рассеяния частиц при энергиях, достижимых на ЛНЦ, а также эффект деструктивной интерференции, явно продемонстрирован вклад башен Калуца-Клейновских мод. Однако для корректного описания процесса Дрелла-Яна необходимо учитывать не только вклады Z и Z' бозонов, а также и вклады

Калуца-Клейновских мод пятимерного гравитационного поля – массивных гравитонов. В отличие от безмассового гравитона, константа связи которого с материей пренебрежительно мала, константы связи массивных гравитонов сравнимы с фермиевской константой связи, и их вклад должен быть учтен. В ближайшее время планируется завершить вычисление вклада массивных Калуца-Клейновских гравитонов в амплитуду процесса Дрелла-Яна. Планируется использовать эти результаты для моделирования возможного проявления теорий с дополнительными измерениями пространства-времени на LHC и выработки конкретных предсказаний.

2) В 2011 году, в рамках изучения механизмов локализации полей на бране и поиска процессов, интересных с точки зрения поиска проявления моделей с дополнительными измерениями пространства-времени, было показано, что при локализации полей на доменной стенке (механизм локализации полей на доменной стенке представляет собой один из вариантов локализации материи на бране) наличие непрерывного спектра массивных фермионов в эффективной четырехмерной теории приводит к расходимостям в амплитудах некоторых стандартных процессов квантовой электродинамики (в частности, был рассмотрен процесс рассеяния фотона на фотоне), при этом данные расходимости, в отличие от случая обычной квантовой электродинамики, не могут быть устранены методами теории перенормировок [M.N. Smolyakov, “Unremovable divergencies in four-dimensional electrodynamics localized on a domain wall”, *Physical Review D*, v. 85 (2012) 045036]. В 2012 году изучение данной проблемы было продолжено. Оказалось, что аналогичный эффект возникает и в более простых моделях. В частности, была рассмотрена модель в пространстве-времени с компактным дополнительным измерением, описывающая поля фермионов, взаимодействующие с электромагнитным полем, локализованным на бране. При этом конкретный механизм локализации полей не рассматривался, однако были сделаны разумные предположения о том, какие дополнительные взаимодействия полей могут появиться вследствие существования такого механизма.

Показано, что в получившейся эффективной четырехмерной теории в пределе бесконечного дополнительного измерения амплитуды некоторых процессов квантовой электродинамики в низшем порядке теории возмущений (были рассмотрены процесс рассеяния фотона на фотоне и процесс, соответствующий поляризованному оператору фотона) также расходятся. Таким образом, продемонстрировано, что в моделях с бесконечными дополнительными измерениями само наличие локализации может приводить к противоречивым результатам. Это необходимо учитывать при построении и изучении моделей с бесконечными дополнительными измерениями, в которых материя предполагается локализованной на бране.

3) Полученные в течение последних лет при изучении многомерных моделей результаты представлены в обзорной статье, вышедшей в 2012 году в журнале *Физика элементарных частиц и атомного ядра*. В работе рассмотрены свойства и физические следствия наиболее интересной модели мира на бране – модели Рэндалл-Сундрума. Большое внимание уделено возможным экспериментальным следствиям феноменологически приемлемой стабилизированной модели Рэндалл-Сундрума. В рамках этой модели подробно обсуждается детальная феноменология в случаях, когда энергия в системе центра масс ниже или выше порога рождения

первого тензорного резонанса Калуцы-Клейна. Представлены численные оценки для различных процессов, существующих в Стандартной модели только на петлевом уровне, а в случае наличия дополнительного измерения и в древесном приближении. Продемонстрировано, что даже в случае, когда энергия выше порога рождения первого Калуца-Клейновского резонанса, вклад остальных мод также должен быть учтен для получения корректных предсказаний. Представлены результаты моделирования процессов с участием частиц Стандартной модели на коллайдерах Тэватрон и LHC.

Другой аспект исследований в рамках проекта связан с детальным изучением ряда фоновых процессов СМ. Эти работы проводились с использованием развиваемого авторами проекта kt -факторизационного подхода КХД, основанного на уравнениях BFKL или CCFM. В отличие от расчетов в обычной теории возмущений с использованием уравнений партонной эволюции DGLAP, в рамках данного подхода производится учет логарифмических вкладов, пропорциональных $\ln 1/x$, которые дают значительный вклад в сечение при высоких энергиях (т.е. малых значениях бьеркенской переменной x). При этом как партонные распределения, так и матричные элементы соответствующих жестких подпроцессов зависят от ненулевого поперечного импульса начальных партонов kt (так называемые неинтегрированные партонные распределения и матричные элементы вне массовой поверхности). Таким образом, вычисления в рамках полужесткого подхода производятся без обычных упрощений стандартной (коллинеарной) факторизационной схемы КХД. В рамках данного направления исследований в 2012 году были проведены следующие работы:

1) Проведены расчеты полных и дифференциальных сечений процессов инклюзивного рождения b кварков, B -мезонов (а также μ онов, возникающих в процессе их последующего полуплептонного распада) и b -струй при энергии коллайдера LHC. Детально изучены угловые корреляции, возникающие между поперечными импульсами конечных частиц. Достигнуто хорошее согласие с экспериментальными данными, полученными коллаборациями CMS и LHCb. С помощью Монте-Карло генератора CASCADE исследована роль партонных ливней в конечном состоянии для описания таких корреляций [H. Jung, M. Kraemer, A.V. Lipatov, N.P. Zotov, Phys. Rev. D 85, 034035 (2012)].

2) Проведены теоретические расчеты полного и дифференциальных сечений рождения J/ψ -мезонов (с учетом вкладов радиационных распадов χ_{c1} , χ_{c2} и ψ') в состояниях с различной поляризацией в протон-протонных столкновениях при энергии коллайдера LHC. Достигнуто хорошее согласие результатов численных расчетов с экспериментальными данными коллабораций CMS, ATLAS и LHCb. Вычислена зависимость всех трех поляризационных параметров (λ , μ и ν), определяющих спиновую матрицу плотности J/ψ частиц от различных кинематических переменных. Показано, что предсказания kt -факторизационного подхода для этих параметров качественно отличаются от предсказаний нерелятивистской КХД, основанной на коллинеарной факторизации КХД. Эти предсказания могут быть критичными для дальнейших исследований рождения тяжелых кваркониев (J/ψ , Upsilon) при энергии LHC [S.P. Baranov, A.V. Lipatov, N.P. Zotov, Phys. Rev. D 85, 014034 (2012)].

3) Вычислены матричные элементы вне массовой поверхности $q^*Q \rightarrow qQ\gamma$ и $q^*\bar{q} \rightarrow Q\bar{Q}\gamma$. С их помощью, а также с помощью вычисленных ранее матричных элементов глюон-глюонного слияния $g^*g^* \rightarrow QQ\gamma$ были проведены теоретические расчеты полного и дифференциального сечений ассоциативного рождения прямых фотонов и тяжелых (с или b) кварков в адронных столкновениях при энергии коллайдеров Tevatron и LHC. Достигнуто хорошее описание численных расчетов с экспериментальными данными коллабораций D0 и CDF. Как отмечается в работе коллаборации D0, это описание лучше, чем в коллинеарном подходе (NLO). Результаты проведенных исследований были использованы коллаборациями D0 и CDF при анализе новых данных [A.V. Lipatov, M.A. Malyshev, N.P. Zotov, JHEP 1205, 104 (2012)].

4) Вычислены матричные элементы вне массовой поверхности (с учетом начального поперечного импульса как глюонов, так и кварков) $q^*\bar{q} \rightarrow \gamma\gamma$ и $q^*g^* \rightarrow \gamma\gamma q$. С помощью полученных выражений были получены полные и дифференциальные сечения парного рождения прямых фотонов при энергиях коллайдеров Tevatron и LHC. Полученные результаты хорошо согласуются с данными коллабораций D0, CDF, CMS и ATLAS. Было показано, что вычисленные сечения в рамках kt-факторизационного подхода в ведущем порядке близки к результатам NNLO расчетов в рамках коллинеарной факторизации КХД. Тем самым подчеркнуто, что большая часть поправок высших порядков коллинеарного приближения КХД эффективно учитывается в формализме kt-факторизации [A.V. Lipatov, DESY preprint 12-169, направлено в JHEP].

Для проведения численных расчетов был написан пакет счетных программ на языке C++. В расчетах применялись неинтегрированные партонные распределения, полученные как из численных решений уравнения CCFM, так и из обычных (коллинеарных) партонных распределений (с помощью формализма KMR). Проанализирована зависимость полных и дифференциальных сечений (и других характеристик) всех рассматриваемых процессов от различных неинтегрированных глюонных распределений в протоне. Все численные результаты были получены с одним и тем же набором феноменологических параметров, который практически совпадает с используемым в расчетах, основанных на обычной коллинеарной факторизации КХД. Достигнутое хорошее количественное описание экспериментальных данных разных энергий для различных процессов демонстрирует значительную предсказательную силу используемого подхода и тем самым решает фундаментальную проблему самосогласованного описания сечений процессов высоких энергий в рамках КХД. Все перечисленные выше результаты были получены впервые. Почти все задачи, поставленные в проекте, выполнены полностью. Однако из-за практического отсутствия финансирования в течение 2012 года не были проведены запланированные ранее исследования в части определения особых кинематических областей, достижимых экспериментально на коллайдере LHC, в которых ожидаемые эффекты новой физики могли бы проявляться наиболее значительно.

5. Ожидаемые направления дальнейшего использования полученных за отчетный период результатов

Полученные результаты могут быть использованы как для планирования и постановки экспериментов, так и для выработки теоретических предсказаний и обработки данных, полученных на коллайдерах Tevatron и LHC и ожидаемых на коллайдере LHC, а также для моделирования экспериментов на проектируемом коллайдере ILC.

6. Выполнение заданных индикаторов:

№	Наименование индикатора	Ед. изм.	2012 г. план	2012 г. факт
1	Количество основных научных публикаций (монографии, учебники, учебные пособия, статьи, тезисы докладов)	ед.	6	9
2	Участие в конференциях, школах - семинарах, выставках и симпозиумах	ед.	2	3
3	Количество подготовленных и читаемых курсов лекций	ед.	0	0
4	Количество подготовленных кандидатских диссертаций под руководством грантополучателя	ед.	0	0
5	Количество привлекаемых к НИР соисполнителей	ед.	2	2

6.1. Публикации грантополучателя за отчетный период по заявленной тематике:

- Общее количество публикаций: 9

В том числе:

- монографий: 0

- учебников, учебных пособий: 0

- статей: 9

- тезисов докладов: 0

Из них:

- количество публикаций в российских научных изданиях: 2

- количество публикаций в зарубежных научных изданиях: 7

№ п/п	Авторы, название публикации	Вид публикации	Город, издательство	Год издания	Кол-во страниц
1	S.P. Baranov, A.V. Lipatov, N.P. Zotov Prompt J/Psi production at LHC: new evidence for the kt - factorization	Статья	Phys. Rev. D 85, 014034 (2012)	2012	8

2	H. Jung, M. Kraemer, A.V. Lipatov, N.P. Zotov Investigation of beauty production and parton shower effects at the LHC	Статья	Phys. Rev. D 85, 034035 (2012)	2012	12
3	A.V. Lipatov, M.A. Malyshev, N.P. Zotov Prompt photon and associated heavy quark production at hadron colliders with kt - factorization	Статья	JHEP 1205, 104 (2012)	2012	14
4	A.V. Lipatov Isolated prompt photon pair production at hadron colliders with kt - factorization.	Статья	DESY 12 - 169	2012	30
5	Э.Э. Боос, В.Е. Буничев, И.П. Волобуев, М.Н. Смоляков Геометрия, физика и феноменология модели Рэндалл - Сундрума	Статья	Физика элементарных частиц и атомного ядра, т. 43(1), 82 - 155	2012	75
6	M.N. Smolyakov More on divergences in brane world models	Статья	arXiv:1210.7978 [hep - th]	2012	7
7	M.N. Smolyakov Unremovable divergencies in four - dimensional electrodynamics localized on a domain wall	Статья	Physical Review D 85, 045036 (2012)	2012	10
8	I.E. Gulamov, M.N. Smolyakov Submanifolds in five - dimensional pseudo - Euclidean spaces and four - dimensional FRW universes	Статья	General Relativity and Gravitation 44(3), 703 - 710 (2012)	2012	8
9	Э.Э. Боос, И.П. Волобуев, М.А. Перфилов, М.Н. Смоляков Поиски W' - и Z' - бозонов в моделях с большими дополнительными измерениями	Статья	Теоретическая и математическая физика, т. 170(1), 110–117 (2012)	2012	8

6.2. Участие грантополучателя в отчетном году в научных конференциях, школах-семинарах, выставках и симпозиумах по тематике проводимых исследований:

- отечественные мероприятия: 2

№ п/п	Вид и наименование мероприятия	Место проведения мероприятия	Дата начала	Дата окончания	Тема доклада
1	XXI International Baldin Seminar on High Energy Physics Problems	Дубна	10.09.2012	15.09.2012	Prompt photon and associated heavy quark production in the kt - factorization approach
2	17th International Seminar on High Energy Physics QUARKS - 2012	Ярославль	04.06.2012	10.06.2012	Some divergencies in brane world models

- зарубежные мероприятия: 1

№ п/п	Вид и наименование мероприятия	Место проведения мероприятия	Дата начала	Дата окончания	Тема доклада
1	XXth International Workshop on Deep - Inelastic Scattering and Related Subjects	Бонн, Германия	26.03.2012	30.03.2012	Drell - Yan lepton pair production in the kt - factorization approach

6.3. Научно-педагогическая деятельность:

- подготовленные и читаемые курсы лекций: 0

- количество дипломных работ, подготовленных под руководством грантополучателя: 0

- подготовлены кандидатские диссертации: 0

- количество публикаций соисполнителей, подготовленных совместно или под руководством грантополучателя по заявленной тематике: 0

- участие соисполнителей в выполнении исследований по гранту за отчетный период: 0

7. Участие молодых ученых в конкурсах на проведение научно-исследовательских работ

7.1 Участие в рамках мероприятий ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы, в том числе и соисполнителей

7.1.1. Мероприятие 1.2.1. Проведение научных исследований научными группами под руководством докторов наук: 0

7.1.2. Мероприятие 1.2.2. Проведение научных исследований научными группами под руководством кандидатов наук: 0

7.1.3. Мероприятие 1.3.1. Проведение научных исследований молодыми учеными-кандидатами наук: 0

7.1.4. Мероприятие 1.3.2. Проведение научных исследований целевыми аспирантами: 0

7.2 Выполнение исследований по ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса на 2007-2012 годы" и/или по другим ФЦП, академическим, отраслевым программам; по приоритетным направлениям; по грантам РФФИ и РГНФ, а также по международным грантам за отчетный период: 0

8. Общественное признание:

Премии, медали, дипломы: 3

- международные: 0

- государственные: 0

- отечественных научных сообществ: 3

№ п/п	Вид признания	Уровень награды	Наименование органа (организации, научного сообщества), выдавшей награду	Год признания
1	Диплом победителя конкурса работ на присуждение грантов О.В. Дерипаска талантливым студентам, аспирантам и молодым ученым Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (А.В. Липатов, М.А. Мальшев)	Отечественных научных сообществ	МГУ им. Ломоносова	2012
2	Медаль РАН с премией для молодых ученых (М.Н. Смоляков)	Отечественных научных сообществ	Российская академия наук	2012
3	Диплом победителя конкурса работ на присуждение грантов О.В. Дерипаска талантливым студентам, аспирантам и молодым ученым Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (М.Н. Смоляков)	Отечественных научных сообществ	МГУ им. Ломоносова	2012

9. Патенты, полученные за отчетный период:

Общее количество патентов: 0

10. Адреса ресурсов в Internet, подготовленных грантополучателем:

11. Участие грантополучателя в экспедициях:

Грантополучатель

_____ / Липатов А. В. /

Финансовый отчет за 2012 год
по гранту Президента Российской Федерации
для государственной поддержки
молодых российских ученых
МК-3977.2011.2
за счет средств федерального бюджета

СМЕТА РАСХОДОВ

на выполнение научно-исследовательской работы по гранту Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-3977.2011.2 за счет средств федерального бюджета на 2012 год

	Коды
Министерство образования и науки Российской Федерации	074
Раздел: <i>Общегосударственные вопросы</i>	01
Подраздел: <i>Фундаментальные исследования</i>	10
Целевая статья: <i>Гранты в области науки, культуры, искусства и средств массовой информации</i>	0619000
Вид расходов: <i>Субсидии юридическим лицам (кроме государственных учреждений) и физическим лицам - производителям товаров, работ и услуг</i>	810
Предметная статья: <i>Безвозмездные перечисления государственным и муниципальным организациям</i>	241
Единица измерения:	рубли
Предметная статья	Объём финансового обеспечения расходов
	2012 г.
1	2
Оплата труда	360000.00
Начисления на выплаты по оплате труда (единый социальный налог)	66458.00
Приобретение предметов снабжения и расходных материалов	60000.00
Спецоборудование для научных (экспериментальных) работ	
Командировки и служебные разъезды	23325.00
Услуги связи	90217.00
Оплата услуг сторонних организаций	
Прочие текущие расходы	
ИТОГО РАСХОДОВ	600000.00

Организация

Руководитель организации

Директор

д.ф.-м.н., проф.

_____ / Панасюк М. И. /

М.П. " ____ " _____ 2012 г.

от Грантодателя

Директор Департамента развития приоритетных направлений науки и технологий

_____ / Салихов С. В. /

М.П. " ____ " _____ 2012 г.

Молодой ученый

_____ / Липатов А. В. /

РАСШИФРОВКА

расходов на оплату труда

№ п/п	Ф.И.О., должность	Фонд заработной платы (рублей)
1	Мальшев Максим Алексеевич	120000.00
2	Смоляков Михаил Николаевич	120000.00
3	Липатов Артем Владимирович, Научный сотрудник	120000.00
ИТОГО		360 000.00

Руководитель организации

Директор

д.ф.-м.н., проф.

_____ / Панасюк М. И. /

М.П. " ____ " _____ 2012 г.

Молодой ученый _____

/ Липатов А. В. /

Главный бухгалтер _____ / Мещенкова И. В. /

Уточненная смета расходов

к Договору от "18" февраля 2011 г. № 16.120.11.3977-МК
об условиях использования гранта
Президента Российской Федерации
для государственной поддержки
молодых российских ученых

МК-3977.2011.2

СМЕТА РАСХОДОВ

по гранту Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых
МК-3977.2011.2 за счёт средств федерального бюджета на 2011 - 2012 год

Предметная статья	Объём финансового обеспечения расходов	
	2011 г.	2012 г.
1	2	3
Оплата труда	360000.00	360000.00
Начисления на выплаты по оплате труда	123120.00	66458.00
Приобретение предметов снабжения и расходных материалов	68838.00	60000.00
Спецоборудование для научных (экспериментальных) работ		
Командировки и служебные разъезды	23851.00	23325.00
Услуги связи	24191.00	90217.00
Оплата услуг сторонних организаций		
Прочие текущие расходы		
ИТОГО РАСХОДОВ	600000.00	600000.00

Организация

Руководитель организации

Директор

д.ф.-м.н., проф.

_____ / Панасюк М. И. /

М.П. " ____ " _____ 2012 г.

Молодой ученый

_____ / Липатов А. В. /

РАСШИФРОВКА

расходов на оплату труда

№ п/п	Ф.И.О., должность	Фонд заработной платы (рублей)	
		2011 г.	2012 г.
1	Липатов Артем Владимирович, Научный сотрудник	120000.00	120000.00
2	Смоляков Михаил Николаевич	120000.00	120000.00
3	Малышев Максим Алексеевич, Научный сотрудник	120000.00	120000.00
ИТОГО		360 000.00	360 000.00

Руководитель организации

Директор

д.ф.-м.н., проф.

_____/ Панасюк М. И. /

М.П. " ____ " _____ 2012 г.

Молодой ученый _____

/ Липатов А. В. /

Главный бухгалтер _____ / Мещенкова И. В. /

СВЕДЕНИЯ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ

1. **ИНН/КПП организации:** 7729082090 / 772945014
2. **Полное и сокращенное наименование организации:** Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В.Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова НИИЯФ МГУ
3. **Почтовый адрес:** Ленинские горы, 1, 2, Москва, 119991, ГСП-1
4. **Юридический адрес:** Ленинские горы, 1, 2, Москва, 119234, ГСП-1
5. **Наименование банка получателя:** Отделение 1 Московского ГТУ Банка России г. Москва 705
6. **БИК:** 044583001
7. **Корреспондентский счет в банке:**
8. **Для организаций, обслуживающихся в территориальных органах федерального казначейства:**
 - 8.1. **Наименование УФК:** УФК ПО Г.МОСКВЕ
 - 8.2. **Лицевой счет организации в УФК:** 20736Ц95700
 - 8.3. **Расчетный счет:** 40501810600002000079
 - 8.4. **Номер генерального разрешения:** 386/018
 - 8.5. **Дата генерального разрешения:** 04.05.2005
 - 8.6. **Пункты Генерального разрешения (для перечисления субсидий):** 10К,11С
 - 8.7. **КБК:** 00000000000000000180
9. **Ведомственная подчиненность:** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
10. **ФИО и телефон руководителя организации:** Панасюк Михаил Игоревич, (495)9391818
11. **ФИО и телефон главного бухгалтера:** Мещенкова Ирина Васильевна, (495)9391857
12. **Регион:** Москва
13. **Город:** Москва
14. **Факс:** (495)9390896
15. **Email:** info@sinp.msu.ru
16. **Сведения о контактном лице от организации:**
 - 16.1. **Фамилия, имя, отчество:** Липатов Артем Владимирович
 - 16.2. **Должность:** Научный сотрудник
 - 16.3. **Телефон (раб.):** (495)939-5079
 - 16.4. **Телефон (дом.):** (495)515-3026
 - 16.5. **Факс:** (495)939-0397
 - 16.6. **Email:** lipatov@theory.sinp.msu.ru

Руководитель организации

Директор

д.ф.-м.н., проф.

_____ / Панасюк М. И. /

М.П. " ____ " _____ 2012 г.

Главный бухгалтер _____ / Мещенкова И. В. /