

**Суммарный объем заполненной формы не должен превышать 20 страниц (вместе с таблицами).**

**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) 01-3-1137-2019/2023**

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

**1.3. Лаборатория** теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова

**1.4. Научное направление** Теория конденсированных сред

**1.5. Наименование проекта / подпроекта КИП** Методы квантовой теории поля в сложных  
системах

**1.6. Руководитель(и) проекта / подпроекта КИП** Гнатич Михал

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

**2. Научное обоснование и организационная структура**

**2.1. Аннотация**

Сложные физические явления, такие как развитая турбулентность, явления переноса, неравновесные фазовые переходы, перколяция, химические реакции и рост поверхности в случайных средах, трудно поддаются теоретическому и экспериментальному изучению, однако в свете их широкого распространения в природе такие исследования крайне необходимы.

Основной задачей проекта будет формулировка соответствующих теоретических моделей, которые можно исследовать с помощью методов квантовой теории поля и неравновесной статистической физики. Основная цель состоит в изучении статистических характеристик флуктуирующих полей (поля скорости, магнитного поля, поля концентрации, поля параметра порядка) в области больших пространственных масштабов, идентификации фазовых переходов и вычисление универсальных критических индексов и неуниверсальных амплитуд.

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

Динамические нелинейные системы, в которых решающую роль играют неравновесные (стохастические) флуктуации физических величин, являются одним из важнейших объектов исследований ведущими научными коллективами в мире. Они охватывают широкий спектр явлений, которые мы наблюдаем в окружающем нас мире. Стохастичность является фундаментальным свойством физических, химических, биологических и даже социально-экономических явлений. Среди известных примеров стохастических процессов - гидродинамическая и магнитогидродинамическая турбулентность, описывающая, в частности, турбулентные движения в атмосфере Земли и океанах, распространение в них загрязняющих веществ (включая химически активные), а также хаотичные движения плазмы на поверхности Солнца и в космосе. Одним из важных следствий существования механических неустойчивостей в электрически проводящих турбулентных средах является экспоненциальный рост магнитных флуктуаций, приводящих к образованию наблюдаемых ненулевых средних магнитных полей только за счет кинетической энергии турбулентной среды. Еще один важный пример стохастических систем представляют перколяционные процессы. Они описывают такие явления как просачивание в пористых средах, фильтрацию, распространение инфекционных заболеваний, лесные пожары и другие. Их универсальной чертой является существование неравновесного фазового перехода в неактивное (поглощающее) состояние, которое гасит всю активность наблюдаемой системы. Очевидно, что изучение переходов между стационарной активной (которая не соответствует тепловому равновесию) и неактивной фазой имеет важное прикладное значение. Отметим, что эти переходы непрерывны и особенно интересны как прототипические примеры сильно неравновесного критического поведения.

Основным объектом изучения являются физические величины, которые зависят от пространственно-временных координат и поэтому являются флуктуирующими полями, а измеряемыми величинами являются их статистические средние. Важнейшие из них – это ненулевые средние значения полей, функции отклика, многоочные корреляционные функции, двухточечные одновременные корреляции (структурные функции), включающие составные поля (операторы). В области больших пространственных и временных масштабов наблюдается их скейлинговое поведение с универсальными критическими индексами. Анализ областей устойчивости скейлинговых режимов и вычисление индексов являются приоритетной целью при изучении стохастических нелинейных систем.

Основной **целью** проекта является исследование стохастических нелинейных динамических систем, таких как развитая (магнито)гидродинамическая турбулентность, неравновесные фазовые переходы, фазовые переходы в системах с высокими спинами, кинетика химических реакций, перколяционные процессы, рост поверхностей в случайных средах и самоорганизованная критичность.

**Научная новизна и актуальность** состоит в исследовании скейлинговых режимов, которое включает вычисление критических индексов и репрезентативных физических констант и параметров рассматриваемых систем в высших порядках теории возмущений.

Общие **методы** теоретических исследований и **подходы** к решению сформулированных задач основаны на использовании и усовершенствовании методов квантовой теории поля и неравновесной статистической физики. Они включают теорию перенормировок, вычисления многопетлевых диаграмм Фейнмана, алгоритмы пересуммирования членов ряда теории возмущений по формально малому параметру, технику ренормализационной группы, функциональную ренормгруппу, методы решения уравнений типа уравнения Ланжевена и его обобщений, уравнение Фоккера-Планка, управляющие уравнения для функций распределения, высокопроизводительные вычисления, включая вычисления на суперкомпьютере.

Основные ожидаемые **результаты** будут состоять в вычислениях неподвижных точек ренормгруппы и областей их притяжения, критических индексов, анализе фазовых диаграмм и расчете репрезентативных параметров. Полученные результаты будут представлены на семинарах Лаборатории, международных конференциях и опубликованы в ведущих научных журналах.

Решение задач проекта будет проходить в сотрудничестве с коллегами из научных институтов и университетов России и других стран, с которыми у нас устойчивые многолетние контакты, взаимодействие и совместные публикации по результатам, полученным в научных направлениях, составляющих основу проекта. Это прежде всего Университет Павла Йозефа Шафарика в Кошице, Институт экспериментальной физики Словацкой академии наук в Кошице, Хельсинский университет, Санкт Петербургский государственный университет и Российский университет дружбы народов в Москве.

Конкретные цели и задачи проекта следующие:

1. **Исследование в рамках функциональной ренормгруппы БЭК-БКШ кроссовера в системах многокомпонентных фермионов: анализ фазовых диаграмм и вычисление температур перехода в упорядоченное состояние. Апробация и адаптация вычислительных методов для решения непертурбативных уравнений функциональной ренормализационной группы.**
2. **Развитие вычислительных методов для расчета вкладов многопетлевых диаграмм в ренормгрупповые функции динамических моделей. Исследование динамики сверхпроводящего фазового перехода в низкотемпературных сверхпроводниках.**
3. **Исследование эффектов, связанных с нарушением зеркальной симметрии в магнито-гидродинамической развитой турбулентности. Вычисление двухпетлевых диаграмм Фейнмана, порождаемых силой Лоренца, и двухпетлевых диаграмм функции отклика, приводящих к экспоненциальному росту флуктуаций магнитного поля в области больших масштабов. Изучение явления турбулентного динамо.**
4. **Построение эффективных теоретико-полевых моделей химических реакций разного сорта частиц, протекающих в случайных средах. Изучение инфракрасного скейлингового поведения статистических корреляций плотностей частиц методами ренормализационной группы.**
5. **Исследование изотропной и направленной перколяции. Вычисление многопетлевых диаграмм Фейнмана, порождающих ультрафиолетовые расходимости. Нахождение неподвижных точек уравнений ренормализационной группы и вычисление критических индексов для физически значимых и экспериментально наблюдаемых величин – функций отклика, плотности активных узлов (агентов), эффективного радиуса и массы активных зон.**
6. **Изучение влияния изотропного движения среды с различными статистическими характеристиками на возможность возникновения анизотропного скейлинга в модели самоорганизованной критичности Хуа-Кардара. Исследование методом функциональной ренормгруппы**

возможных асимптотических режимов, соответствующих неуниверсальному скейлинговому поведению поверхности, растущей в случайной среде и описываемой моделью, включающей бесконечное количество типов взаимодействий.

### 2.3. Предполагаемый срок выполнения 2028

### 2.4. Участвующие лаборатории ОИЯИ

Лаборатория информационных технологий им. М.Г. Мещерякова (Ян Буша старший)

#### 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 - Ленты					
Tier 1 (ядро-час)					
Tier 2 (ядро-час)					
СК «Говорун» (ядро-час) - CPU - GPU					
Облака (CPU ядер)					

### 2.5. Участвующие страны, научные и научно-образовательные организации

Организация	Страна	Город	Участники	Тип соглашения
СПбГУ	Россия	Санкт Петербург	Гулицкий Н. + 2	совместные работы
РУДН	Россия	Москва	Кулябов Д. + 2	совместные работы
Университет П. П.Й. Шафарика	Словакия	Кошице	Лучивянски + 2	совместные работы
Хельсинский университет	Финляндия	Хельсинки	Хонконен Ю.	совместные работы
Университет в Лейпциге	Германия	Лейпциг	Бордак М.	совместные работы
ИМ БАН	Беларусь	Минск	Малютин В.	совместные работы

**2.6. Организации-соисполнители** (те сотрудничающие организации/партнеры без финансового, инфраструктурного участия которых выполнение программы исследований невозможно. Пример — участие ОИЯИ в экспериментах LHC 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	8	
2.	инженеры		
3.	специалисты		
4.	служащие		
5.	рабочие		
	<b>Итого:</b>	<b>8</b>	

#### 3.2. Доступные кадровые ресурсы

##### 3.2.1. Основной персонал ОИЯИ

№№ п/п	Категория работников	ФИО	Подразделение	Должность	Сумма FTE
1.	научные работники	Гнатич М.	НОТКС	Нач. сектора	1.0
		Калагов Г.А.		н.с.	1.0
		Лебедев Н.М.		н.с.	1.0
		Мижишин Л.		н.с.	1.0
		Молотков Ю.Г.		н.с.	1.0
		Севастьянов Л.		в.н.с.	0.5
		Аджемян Л.Ц.		в.н.с.	0.25
		Налимов М.Ю.		в.н.с.	0.25
		Антонов Н.В.		в.н.с.	0.25
		Компаниец М.В.		в.н.с.	0.25
	<b>Итого:</b>				<b>6.5</b>

##### 3.2.2. Ассоциированный персонал ОИЯИ

<b>№№ п/п</b>	<b>Категория работников</b>	<b>Организация-партнер</b>	<b>Сумма FTE</b>
1.	научные работники		
2.	инженеры		
3.	специалисты		
4.	рабочие		
	<b>Итого:</b>		

#### **4. Финансовое обеспечение**

Финансирование проекта будет осуществляться через тему «Теория сложных систем и перспективных материалов»

Руководитель проекта / подпроекта КИП \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Дата представления проекта / подпроекта КИП в ДНОД

Дата решения НТС Лаборатории **13.04.2023**, номер документа **14**

Год начала проекта / подпроекта КИП **2024**

## 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

## Приложение 4.

### Форма отчета по проекту / подпроекту КИП

#### 1. Общие сведения по проекту / подпроекту КИП

##### 1.1. Научное направление

##### 1.2. Наименование проекта / подпроекта КИП

##### 1.3. Шифр проекта / подпроекта КИП

*Пример (04-4-1140-1-2024/2027)*

##### 1.4. Шифр темы / КИП

*Пример (тема 04-4-1140-2024, КИП 02-0-1065-2007)*

##### 1.5. Фактический срок реализации проекта / подпроекта КИП

##### 1.6. Руководитель(ли) проекта / подпроекта КИП

#### 2. Научный отчет

##### 2.1. Аннотация

##### 2.2. Развернутый научный отчет

2.2.1. Описание режима работы и функционирования основных систем и оборудования (для подпроекта КИП).

2.2.2. Описание проведенных экспериментов (для экспериментальных проектов).

2.2.3. Описание проделанной научной работы и полученных результатов.

2.2.4. Список основных публикаций авторов ОИЯИ, включая ассоциированный персонал по результатам работы по проекту (список библиографических ссылок).

2.2.5. Полный список публикаций (приложение в электронном виде, для журнальных публикаций с указанием импакт-фактора журнала).

2.2.6. Список докладов на международных конференциях и совещаниях (приложение в электронном виде).

2.2.7. Патентная деятельность (при наличии)

##### 2.3. Статус и стадия (TDR, CDR, ongoing project) реализации проекта / подпроекта КИП

(включая процент реализации заявленных этапов по проекту / подпроекту КИП

*(если применимо))*

##### 2.4. Результаты сопутствующей деятельности

2.4.1. Научно-образовательная деятельность. Список защищенных диссертаций.



2.4.2. Полученные гранты (стипендии) ОИЯИ.

2.4.3. Награды и премии.

2.4.4. Иные результаты (экспертная, научно-организационная, научно-популяризаторская деятельность).

### 3. Международное научно-техническое сотрудничество.

Фактически участвующие страны, институты и организации

Организация	Страна	Город	Участники	Тип соглашения

### 4. План/факт анализ использованных ресурсов: кадровых (в т.ч. ассоциированный персонал), финансовых, информационно-вычислительных, инфраструктурных

#### 4.1. Кадровые ресурсы (фактически на время подачи отчета)

№№ п/п	Категория работника	Основной персонал, сумма FTE	Ассоциированный персонал, сумма FTE
1.	научные работники		
2.	инженеры		
3.	специалисты		
	<b>Итого:</b>		

#### 4.3. Другие ресурсы

Вычислительные ресурсы	Распределение по годам				
	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
Хранение данных (ТБ) - EOS - Ленты					
Tier 1 (ядро-час)					
Tier 2 (ядро-час)					
СК «Говорун» (ядро-час) - CPU - GPU					
Облака (CPU ядер)					

### 5. Заключение

### 6. Предлагаемые рецензенты

Руководитель темы / КИП

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_г.

**Руководитель проекта (шифр проекта) / подпроекта КИП**

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_ г.

**Экономист Лаборатории**

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_ г.