

"УТВЕРЖДАЮ

Зам. Директора ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН

д.ф.м.н.

С.В. Лебедев



ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ ЦКП «Материаловедение и диагностика в передовых технологиях» НА 2014-2015 ГОДЫ

Программа развития ЦКП на 2014-2015 годы (далее - Программа) разработана с целью комплексного развития ЦКП для эффективного участия в реализации проектов направленных на решение приоритетных научных задач, выполнения исследований и измерений по заказам научных и образовательных организаций, предприятий реального сектора экономики, а также подразделений базовой организации выполняющих исследования и разработки в интересах создания научно-технического задела для обеспечения инновационного развития экономики страны. Программа содержит комплекс мероприятий, направленных на реализацию целей и задач Приоритетной научной задачи «Исследования и разработка физических принципов и технических решений эффективной и безопасной гибридной ядерной энергетики» (далее – ПНЗ) текущего и среднесрочного характера, разработана с учетом планов перспективного развития ФТИ им. А.Ф. Иоффе, как базовой организации, развития сектора исследований и разработок, в том числе по профильному дисциплинарному направлению.

ЦКП является не только структурным подразделением ФТИ им. А.Ф. Иоффе, но и элементом научной инфраструктуры в современном секторе исследований и разработок, осуществляющий свою деятельность в рамках нескольких приоритетных направлений развития науки и технологий Российской Федерации.

Программа разработана на 2 года и утверждена руководителем ФТИ им. А.Ф. Иоффе.

Программа разработана под запрашиваемые в рамках конкурса средства субсидии и привлекаемые внебюджетные средства. Это достигается путем дооснащения приборно-аналитической базы ЦКП современным, дорогостоящим научным и метрологическим оборудованием, в том числе уникальным инжектором высокоэнергичных атомов с мощной системой питания, модулятором ВЧ мощности, дополнительными источниками питания сферического токамака Глобус-М, оборудованием для исследования свойств материалов.

Кроме этого мероприятия программы уделяют существенное внимание повышению привлекательности ЦКП для пользователей, путем повышения доступности, постоянного совершенствования методик, информационного обеспечения и развития кадрового потенциала ЦКП.

Раздел 1. Характеристика ЦКП

1.1. Приоритетные направления развития науки и технологий, а также критические технологии, в рамках которых работает ЦКП

По направлениям тематики ПНЗ ЦКП работает в рамках нескольких приоритетных направлений из списка «Приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации», утвержденных Указом Президента РФ №899 от 7 июля 2011 года:

1. № 8 Энергоэффективность и энергосбережение (*главное направление*)
 - 1.1 № 9 Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами отработанного ядерного топлива
 - 1.2 №15 Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику
2. № 6 Рациональное природопользование
 - 2.1 № 21 Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера
3. № 2 Индустрия наносистем
 - 3.1 № 16 Технологии получения и обработки наноматериалов
 - 3.2 № 11 Технологии диагностики наноматериалов и наноустройств.

ПНЗ соответствует Долгосрочному прогнозу научно-технологического развития РФ до 2030 г. - раздел «Энергоэффективность и энергосбережение», подразделы «Безопасная атомная энергетика», «Новые материалы и катализаторы для энергетики будущего»; раздел «Рациональное природопользование», подраздел «Сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности»; раздел «Новые материалы и нанотехнологии», подразделы «Конструкционные и функциональные материалы», «Диагностика материалов», а также результатам Энергетической стратегии России на период до 2030 г. (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р).

Кроме этого, работа ЦКП укладывается в рамки технологической платформы «Управляемый термоядерный синтез» и технологической платформы «Перспективные технологии возобновляемой энергетики».

1.2. Основные научные направления ЦКП

По направлениям тематики ПНЗ ЦКП работает по следующим направлениям научных исследований

В области физики плазмы и управляемого термоядерного синтеза, в т.ч.:

- разработка и исследование методов дополнительного нагрева плазмы и генерации безындукционного тока;
- исследование удержания частиц и энергии в плазме;
- разработка методов получения диверторных и лимитерных магнитных конфигураций;
- исследование МГД устойчивости плазмы;
- получение и исследование плазмы с предельной плотностью и давлением;
- получение и исследование режимов с улучшенным удержанием, транспортными барьерами и исследование зональных потоков;
- разработка диагностических систем.

В области систем управления, в т.ч.:

- разработка числовых и аналоговых методов автоматического управления параметрами плазмы.

В области материаловедения, в т.ч.:

- изучение взаимодействия плазмы с конструкционными материалами, подвергающимися воздействию потоков плазмы различного состава, высокой температуры и большой мощности,
- разработка методов защиты обращенных к плазме поверхностей конструкционных материалов и исследование материалов для защиты первой стенки..

В области энергетических систем и источников нейтронов на базе токамака-реактора, в т.ч.:

- разработка методов диагностики реакторной плазмы;
- разработка новых методов подачи топлива в горячую зону плазменного шнура;
- разработка прототипов термоядерных источников нейтронов.

В области вычислительных и компьютерных систем, в т.ч.:

- разработка систем сбора и обработки информации для одновременного доступа большого числа удаленных пользователей.

1.3. Проводимые исследования и оказываемые услуги на оборудовании ЦКП

ЦКП проводит исследования и оказывает услуги по направлениям тематики ПНЗ «Исследование и разработка физических принципов и технических решений эффективной и безопасной гибридной ядерной энергетики» используя для этих целей уникальную научную установку Глобус-М, которая оснащена системой питания, комплексами для дополнительного нагрева плазмы и диагностики для создания и исследования высокотемпературной плазмы, а также метрологическим оборудованием, позволяющим проводить исследования конструкционных материалов, подвергающихся воздействию потоков плазмы различного состава, высокой температуры и большой мощности.

Исследования, проводимые в ЦКП на сферическом токамаке Глобус-М, в значительной степени направлены на получение новых знаний и разработку экспериментальных методик и технологий в области физики высокотемпературной плазмы и управляемого термоядерного синтеза (далее – УТС). Установка Глобус-М позволяет проводить комплексные междисциплинарные исследования для задач, связанных с созданием термоядерных источников нейтронов, решения сопутствующих задач материаловедения, управления сложными быстроизменяющимися объектами. Среди направлений исследований - генерация безындукционного тока плазмы различными методами, создание диверторных конфигураций, исследования процессов переноса в диверторе, исследования материалов первой стенки, получения предельного газокINETического давления плазмы для повышения выхода нейтронного потока, исследования МГД неустойчивостей плазмы, отработка методик управления положением и формой плазменного шнура, и многие другие.

Результаты исследований являются потенциально важными и применимыми для решения проблем энергетики, в том числе атомной и термоядерной, проблем преобразования энергии в рамках решения приоритетной научной задачи «Исследование и разработка физических принципов и технических решений эффективной и безопасной гибридной ядерной энергетики». Эти исследования соответствуют направлениям развития критических технологий: технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом, технологии новых и возобновляемых источников энергии, технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Сферические токамаки рассматриваются в настоящее время как один из вариантов компактного устройства, способного генерировать поток термоядерных нейтронов с энергией 14.1 МэВ. Термоядерный источник нейтронов имеет широкое научное и техническое применение. Активно обсуждается его использование как в составе гибридного ядерного реактора «синтез-деление», так и для переработки долгоживущих радиоактивных отходов атомных электростанций. Необходимость создания источника 14 МэВ-ных нейтронов связана также с недостатком знаний о радиационной стойкости защитных материалов и элементов конструкции будущей термоядерной электростанции.

В течение последних пяти лет силами ЦКП были выполнены работы по направлениям тематики ПНЗ по пяти Государственным контрактам с Министерством образования и науки в

рамках ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы", двум Государственным контрактам в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы», гранту Правительства Российской Федерации для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных учреждениях высшего профессионального образования (договор с Минобрнауки № 11.G34.31.0041), Программе фундаментальных исследований Президиума РАН 12П "Фундаментальные процессы в высокотемпературной плазме с магнитной термоизоляцией", десяти грантам РФФИ, двум контрактам МАГАТЭ. Перечень НИР, проведенных ЦКП в 2013 г., приведен в Приложении № 9, ф. 5 к настоящей Заявке.

В направлениях тематики ПНЗ ЦКП оказывает услуги внешним пользователям по перечню соответствующих научных направлений ЦКП (см. п. 1.2). Услуги оказываются:

- в постановке экспериментов по заказам пользователей;
- в проведении измерений;
- в испытаниях образцов макетов приборов;
- в испытаниях конструкционных материалов и их приповерхностных слоев, подвергающимся воздействию потоков плазмы различного состава, высокой температуры и большой мощности;
- в испытаниях оборудования;
- в отработке методик измерений;
- в предоставлении экспериментальной базы данных;

Перечень услуг, оказанных ЦКП в 2013 г. в направлениях тематики ПНЗ, приведен в Приложении № 9, ф. 4 к настоящей Заявке.

Кроме этого оказываются консультационные услуги внешним пользователям, а также образовательные услуги, например, организация практики студентов и аспирантов по заявкам пользователей. Оказываются услуги по экспертизе результатов НИР и НИОКР.

1.4. Наиболее значимые научные результаты, полученные с использованием оборудования ЦКП за последние 3 года.

В ЦКП на базе УНУ сферический токамак Глобус-М в последние 3 года в направлениях тематики ПНЗ проводились комплексные исследования. Исследовался нагрев плазмы нейтральным пучком, нагрев плазмы излучением на основной гармонике ионного циклотронного резонанса, генерация безындукционного тока ВЧ волнами в диапазоне частот нижнего гибридного резонанса. Также исследовалось поведение в плазме быстрых частиц. Исследовались различные типы неустойчивостей плазмы. Исследовались процессы взаимодействия плазмы со стенкой. Кроме того, была проведена разработка документации для модернизации установки, которая осуществляется в настоящее время параллельно с проведением экспериментальных исследований.

Основные инженерно-физические параметры сферического токамака Глобус-М:

- большой радиус плазмы, $R = 0.34-0.36$ м;
- малый радиус плазмы, $a = 0.24$ м;
- аспектное отношение тора, $A=R/a = 1.5$
- объем плазмы $0.4-0.7$ м³;
- вытянутость плазмы в вертикальном направлении до 2.0;
- треугольность плазмы до 0.5;
- рабочий ток плазмы 0.25 МА (пиковый до 0.35 МА);
- рабочее тороидальное магнитное поле на оси плазмы $B_T=0.4$ Тл (пиковое до 0.55 Тл);
- нормированное тороидальное магнитное поле, $B_T/R = 1.1$ Тл/м

- типичный запас устойчивости на границе шнура ~ 4 ;
- суммарная мощность управляемых источников питания 125 МВт (питание от национальной сети 110кВ);
- суммарная мощность источников нагрева плазмы, $P=1.5$ МВт
- мощность нагрева плазмы в расчете на единицу объема 2.5-3 МВт/м³

После проведения модернизации основные параметры установки, ток плазмы и магнитное поле будут увеличены в 2.5 раза, что позволит получать и изучать плазму с субтермоядерной температурой, необходимой для эффективной генерации нейтронов.

Были получены следующие значимые научные результаты.

1. В условиях рекордно низкого для сферических токамаков запаса устойчивости, $2.7 < q < 5$, и плазменного шнура, тесно вписанного в контур камеры, был осуществлен успешный нагрев плазмы с помощью инжекции пучка высокоэнергичных атомов. Достигнута высокая МГД устойчивость разряда. Продемонстрирована удельная мощность нагрева 2-3-МВт/м³ и достигнута высокая средняя плотность около 10^{20} м⁻³ и большой энергозапас единицы объема ~ 8 кДж/м³. Также впервые была продемонстрирована возможность подачи топлива в центральную, горячую область плазменного шнура с помощью двухступенчатой плазменной пушки. [Gusev V.K. et al, 2011, Nucl. Fusion, v.51, 10 103019].
2. В экспериментах по нагреву плазмы пучком была достигнута рекордная для отечественных установок типа токамак температура ионов масштаба десяти миллионов градусов. Нагрев ионов основной плазмы был достигнут, несмотря на обнаруженный в экспериментах высокий уровень потерь быстрых частиц пучка. Методами численного моделирования были определены предельные орбиты быстрых ионов пучка, удерживаемых в низком магнитном поле сферического токамака [Чернышев Ф.В. и др., 2011, Физ. плазмы, т. 37, в. 7 с. 595-615; Бахарев Н.Н., и др. Письма ЖТФ, 2013, т. 39, в. 24, с. 22 – 30].
3. Впервые на сферических токамаках были выполнены эксперименты по нагреву плазмы на основной гармонике ионного циклотронного резонанса водорода. Был продемонстрирован нагрев ионов в широком диапазоне концентрации добавки водорода в плазму дейтерия. Было показано, что поглощение излучения для сферического токамака имеет многопроходный характер, а графитовое защитное покрытие может поглощать заметную долю мощности, излучаемой антенной [Чернышев Ф.В. и др., 2009, Физ. плазмы, т. 35, в. 11 с. 979-988]. Было показано, что увеличение магнитного поля и тока плазмы приводит к существенному лучшему поглощению плазмой мощности ВЧ излучения и увеличению связи между антенной и плазмой [Щербинин О.Н. и др., 2012, Письма ЖТФ, т. 38, в. 19 с. 1-9].
4. Впервые, в компактном сферическом токамаке при инжекции пучка на ранней стадии разряда было обнаружено формирование внутреннего транспортного барьера на профилях температуры и плотности электронов. Анализ экспериментальных данных, проделанные с помощью кода ASTRA, показал, что формирование транспортного барьера связано как с появлением отрицательного магнитного шира, так и шира вращения плазмы. Режим с внутренним транспортным барьером поддерживался в несколько раз дольше характерного времени удержания энергии и прекращал свое существование с появлением в плазме резонансной магнитной поверхности $q=1$ [Курские Г.С. и др., 2011, Письма ЖТФ, т. 37, в. 23, с. 82-90].
5. Впервые в компактном сферическом токамаке в экспериментах по инжекции пучка на ранней стадии разряда было обнаружено возбуждение неустойчивости, связанное с нарушением тепловой функции распределения ионов плазмы быстрыми ионами пучка. Было показано, что неустойчивость развивается в двух частотных диапазонах 5-30 кГц и 50-200 кГц. Неустойчивость в верхнем диапазоне частот была идентифицирована как тороидальная альфвеновская мода, ожидаемая при возникновении термоядерных альфа-частиц в термоядерных реакторах и источниках нейтронов [Петров Ю.В. и др., 2014, Письма ЖТФ, т.

40, в. 24, с. 99-106].

6. Впервые на российских токамаках с помощью методов доплеровской рефлектометрии и зондовых измерений было обнаружено, что при переходе плазмы в режим улучшенного удержания в периферийной области плазмы возбуждаются неустойчивости нитевидной структуры (филаменты), вытянутые вдоль силовых линий магнитного поля. По существующим представлениям такие неустойчивости влияют на процессы переноса вблизи границы плазмы и представляют опасность разрушения для защитных материалов. Было показано, что плотность частиц внутри филаментов масштаба $5 \times 10^{17} - 10^{18} \text{ м}^{-3}$, а скорость распространения около 8 км/с. [Буланин В.В. и др., 2011, Письма ЖТФ, т. 37, в. 7, с. 103-110].

7. Впервые на сферических токамаках была исследована поверхность графита марки РГТ, используемого для защиты основной площади поверхности вакуумной камеры УНУ Глобус-М, после облучения в примерно восьми тысячах плазменных разрядов токамака, сопровождаемых периодической чисткой тлеющим разрядом в гелии и процедурами боронизации. На поверхности графита были обнаружены пленки сложной структуры и химического состава. Было показано, что пленки обладают способностью аккумулировать водород, тогда как накопление водорода в объеме графита является незначительным [А.В. Воронин и др., 2014, Письма ЖТФ, т.40, вып. 24, с. 120-126].

8. Впервые на сферических токамаках, в экспериментах по старту тока электромагнитным излучением в диапазоне частот нижнего гибридного резонанса был достигнут безындукционный ток плазмы величиной 17 кА. С помощью методики подвижных токовых колец было продемонстрировано формирование вытянутой в вертикальном направлении замкнутой магнитной конфигурации. Анализ спектров жесткого рентгеновского излучения показал, что в такой конфигурации могут удерживаться электроны с энергией до 1 МэВ [Дьяченко В.В. и др., 2013, Физ. плазмы, т. 39, с. 219-228]

9. В ведущем международном журнале по ядерному синтезу - Nuclear Fusion в 2013 г. были опубликованы результаты, которые подводили итоги более чем десятилетних исследований на Глобус-М. С помощью численной модели плазмы Глобус-М было показано, что дальнейшее увеличение параметров установки возможно лишь при проведении модернизации, увеличивающей магнитное поле и ток установки. Было продемонстрировано, что при магнитном поле 1 Тл и токе плазмы 0.5 МА, плазма в установке переходит в субтермоядерный режим с низкой частотой кулоновских столкновений. Также обсуждались расчетно-инженерные решения новой электромагнитной системы (ЭМС) модернизированной установки, способной выдерживать возросшие более чем в 6 раз механические и тепловые нагрузки, действующие на ЭМС при увеличении тока и магнитного поля в 2.5 раза. На обложку этого номера журнала был помещен 3-D чертеж конструкции модернизированной ЭМС УНУ Глобус-М. [V.K. Gusev et al, Nucl. Fusion 53 (2013) 093013 (14pp)].

За время эксплуатации сферического токамака УНУ Глобус-М и ЦКП, в направлениях тематики ПНЗ были получены и другие выдающиеся результаты:

- впервые в мире экспериментально было доказано, что сферический токамак может работать на границе предела устойчивости по отношению к идеальным винтовым магнитогидродинамическим (МГД) возмущениям плазмы;
- впервые в мире для защиты обращенной к плазме поверхности использован рекристаллизованный графит марки РГТ; конфигурация с графитовой защитой стенки токамака успешно внедрена в установке КТМ (Казахстан);
- достигнут устойчивый переход плазмы в режим улучшенного удержания (H-мода), показано, что при малом аспектном отношении плазмы время удержания энергии находится в соответствии с экспериментальными законами подобия, заложенными в физическую базу экспериментального термоядерного реактора ИТЭР;

- впервые в России была разработана методика и получены оторванные от стенки и ограниченные сепаратрисой магнитные конфигурации плазмы (диверторные конфигурации). Такие конфигурации будут использованы в источнике нейтронов, в ИТЭРе и в будущем термоядерном реакторе;
- проведены эксперименты с мощным дополнительным нагревом нейтральным пучком.
- получены рекордные для отечественных исследований при нагреве плазмы пучком величины плотности и относительного давления плазмы. Отношение давления плазмы к давлению тороидального магнитного поля превысило 14%, параметр МГД устойчивости плазмы при предельно высоких давлениях, достиг величины 6, средняя плотность плазмы достигла значения $\langle n \rangle \approx 1.2 \times 10^{20}$ частиц/м³.

Перечисленные параметры плазмы в несколько раз превышают значения, полученные на отечественных токамаках, и являются национальными рекордами, а величина параметра МГД устойчивости повторяет мировой рекорд.

1.5. Участие в мероприятиях по подготовке кадров высшей квалификации

В ЦКП осуществляется постоянная деятельность по подготовке молодых специалистов и кадров высшей квалификации.

В научных работах ЦКП по различным направлениям принимают участие студенты ряда ВУЗов Санкт-Петербурга и других городов России (СПбГПУ, СПбГУ, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», СПбГТУ, МИФИ, МФТИ и др.). Результаты этих работ докладываются на российских и международных конференциях, публикуются в научных журналах и представляются в отчетах по действующим грантам, контрактам и соглашениям. С помощью студентов и под руководством сотрудников ЦКП создается и практически применяется уникальное диагностическое и технологическое оборудование. На основании результатов работ защищаются диссертации степени бакалавра и магистра. Только на токамаке с дивертором Глобус-М за период его эксплуатации (2002-2014 г.) было защищено более 30 таких диссертаций.

В работе ЦКП постоянно принимают участие аспиранты и соискатели. Результаты различного рода экспериментов и расчетов вошли в 11 диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук и 6 докторских диссертаций сотрудников ФТИ им. А.Ф. Иоффе, СПб ГУ, СПб ГПУ, НИЦ «Курчатовский институт», ТРИНИТИ (Троицк, Московская обл.), ОАО «НИИЭФА» (Санкт Петербург), ИЯФ СО РАН (Новосибирск)..

Сотрудники ЦКП регулярно рецензируют дипломные работы, кандидатские и докторские диссертации, подготовленные в ведущих российских научных центрах.

Молодые ученые и аспиранты постоянно принимают участие в работе научных конференций. За последний период наибольшее количество докладов было представлено на ежегодной Международной (Звенигородской) конференции по физике плазмы и УТС. Также представлялись сообщения на ежегодной Конференции Европейского Физического Общества по физике плазмы, 25-й Конференции МАГАТЭ по термоядерной энергии (Санкт-Петербург, 2014 г., 2 доклада), Международном рабочем совещании по сферическим токамакам (г. Йорк, Великобритания), Международной научной конференции "Наука будущего" (Санкт-Петербург, 17-20 сентября 2014), ежегодном двух стороннем Калэм-Иоффе симпозиуме (Санкт-Петербург – г. Абингдон, Великобритания), международной конференции «Project day», организованной лабораторией RLPAT в рамках совместного мега-гранта СПб ГПУ и ФТИ им. А.Ф. Иоффе.

Доклады, направляемые на научные конференции и сообщения, выполненные с использованием оборудования ЦКП и подготовленные с участием аспирантов, соискателей и

молодых ученых, проходят предварительное обсуждение на научных семинарах в ФТИ им. А.Ф. Иоффе. В ЦКП регулярно проводятся семинары, на которых заслушиваются сообщения молодых ученых ЦКП об их текущей деятельности.

Ряд молодых ученых принимает активное участие в инженерно-технических работах по реконструкции электромагнитной системы токамака с дивертором Глобус-М. Такое участие позволяет им приобрести опыт сооружения крупных электрофизических установок и познакомиться с современным высокотехнологичным производством такого оборудования.

Раздел 2. Цель и задачи Программы

2.1 Цель программы

Цель программы состоит в комплексном развитии ЦКП, как объекта научной инфраструктуры, ориентированного на его эффективное участие в реализации ПНЗ, в том числе способствующего развитию базовой организации – ФТИ им. А.Ф. Иоффе и развитию кооперации ЦКП с ведущими мировыми научными, исследовательскими центрами и университетами.

Важной целью Программы является обеспечение успешного проведения начального этапа исследований на компактном токамаке Глобус-М по большинству основных проектов (видов работ), предусмотренных Программой реализации ПНЗ «Исследования и разработка физических принципов и технических решений эффективной и безопасной гибридной ядерной энергетики»:

1. Исследование физических принципов и разработка методики поддержания высокочастотного тока увлечения в компактном токамаке.
2. Обеспечение равновесия и устойчивости плазмы с анизотропной функцией распределения частиц по энергиям при инжекции нейтрального пучка атомов.
3. Исследование взаимодействия материалов защитных покрытий с плазмой в токамаке с дивертором.

2.2. Задачи программы и основные мероприятия, направленные на решение задачи

Достижение поставленной цели Программы развития ЦКП предполагает решение следующих задач:

1. Развитие материально-технической базы ЦКП, как основной задачи на период 2014-2015 гг., а именно: создание инфраструктурной базы из современного, высокопроизводительного, дорогостоящего научного оборудования, увеличивающего потенциал ЦКП и формирование материально – технической базы для Программы реализации ПНЗ «Исследования и разработка физических принципов и технических решений эффективной и безопасной гибридной ядерной энергетики»;

2. Развитие кадрового потенциала ЦКП;

3. Обеспечение доступности и востребованности оборудования ЦКП для проведения научно-исследовательских работ, направленных на реализацию ПНЗ, коллективами исследователей, в том числе внешними по отношению к базовой организации;

4. Развитие новых научных направлений;

5. Развитие метрологической составляющей деятельности ЦКП с целью обеспечения точности и достоверности проводимых измерений;

6. Повышение уровня сложности и расширения перечня выполняемых научно-технических услуг;

7. Разработка (освоение) новых методов и методик измерений/исследований;

8. Увеличение объемов научно-исследовательских и технологических работ,

выполняемых с использованием оборудования ЦКП для внешних пользователей;

9. Усиление роли ЦКП в повышении уровня и результативности исследований и разработок, проводимых базовой организацией.

Раздел 3. Мероприятия Программы

Мероприятия Программы развития сформированы с целью поэтапного решения сформулированных в Программе целей и задач.

К наиболее важным мероприятиям Программы относится дооснащение токамака Глобус-М ЦКП ключевыми системами питания, нагрева плазмы и генерации тока, которые будут иметь рабочую длительность секундного диапазона.

1) В 2014 году будет поставлен комплекс инжекции нейтральных атомов, включающий инжектор и систему питания, позволяющий генерировать пучок атомов энергией до 50 кэВ, мощностью до 1 МВт и длительностью импульса до 1 с, что позволит существенно повысить эффективность нагрева плазмы в широком диапазоне тороидального магнитного поля. В течение 2014 года будет также проведен ряд технологических работ по вакуумной камере токамака и источникам его питания.

2) В 2015 году поставлен высоковольтный модулятор с мощностью до 1 МВт, обеспечивающий энергией ВЧ клистрон с рабочей частотой 2.45 ГГц, с возможностью организации импульсов длительностью 1 с каждые 5 минут, использование которого существенно расширит как круг физических задач, исследуемых ЦКП, так и оказываемый перечень услуг.

3) Будут дооснащены источники питания тороидального магнитного поля до длительности импульса 1 с.

Подробно перечень мероприятий приводится ниже.

3.1. Закупка современного дорогостоящего научного оборудования стоимостью свыше 3 млн. рублей

№ п/п	Наименование оборудования (материалов)	Единица измерения	Количество	Обоснование приобретения.	Номер этапа работ, в котором планируется закупка	Стоимость оборудования, млн. руб., из них:	
						Средств а субсидии	Средства получател я субсидии
1	Инжектор атомов	Шт.	1	Отработка методики генерации безындукционного тока, разрабатываемой в рамках проекта, будет методика при инжекционном нагреве большой длительностью и энергией (до 1 с и	1	42,0	0

№ п/п	Наименование оборудования (материалов)	Единица измерения	Количество	Обоснование приобретения.	Номер этапа работ, в котором планируется закупка	Стоимость оборудования, млн. руб., из них:	
						Средства субсидии	Средства получателя субсидии
				50 кэВ), что позволяет ближе моделировать подреакторный режим работы токамака.			
2	Система питания инжектора	Шт.	1	Система питания инжектора, состоящая из высоковольтного модулятора и высокочастотной системы питания является неотъемлемой частью инжектора атомов	1	40,0	0
3	Высоковольтный модулятор для ВЧ – клистрона	Шт.	1	Безиндукционная генерация токов при помощи СВЧ волн частотой 2,45 ГГц.	3	25,0	0
4	Источник питания обмотки тороидального поля	Шт.	1	Обеспечение питания обмотки для создания тороидального магнитного поля в токамаке	3	13	0
5	Система "мягкого" включения трансформатора	Шт.	1	Оптимизация режима включения источника питания инжектора	3	7,0	0
6	СВЧ-источник вакуумного ультрафиолетового излучения в комплекте с системой электропитания, вакуумной и газораспределительной системами и системой	комплект	1	СВЧ-источник вакуумного ультрафиолетового излучения необходим для использования в исследованиях методами вторично-ионной масс-спектрометрии и	2-3	10,0	0

№ п/п	Наименование оборудования (материалов)	Единица измерения	Количество	Обоснование приобретения.	Номер этапа работ, в котором планируется закупка	Стоимость оборудования, млн. руб., из них:	
						Средства субсидии	Средства получателя субсидии
	сверхвысоковакуумной откачки			электронной спектроскопии материалов, подвергавшихся интенсивному воздействию высокотемпературной плазмы.			
7	Прецизионный сверхвысоковакуумный манипулятор-гониометр, управляемый ЭВМ, в комплекте с системой управления	комплект	1	Прецизионный сверхвысоковакуумный манипулятор-гониометр, управляемый ЭВМ, необходим для использования в исследованиях методами вторично-ионной масс-спектрометрии и электронной спектроскопии материалов, подвергавшихся интенсивному воздействию высокотемпературной плазмы.	2-3	5,0	0
8	Порошковый рентгеновский дифрактометр Bruker D2 Phaser	комплект	1	Исследования изменения структуры и фазового состава материалов, модифицируемых под воздействием пучков заряженных частиц, позволят определять многие физико-механические характеристики металлов и сплавов, в том	2	20	0

№ п/п	Наименование оборудования (материалов)	Единица измерения	Количество	Обоснование приобретения.	Номер этапа работ, в котором планируется закупка	Стоимость оборудования, млн. руб., из них:	
						Средства субсидии	Средства получателя субсидии
				числе при их пластическом деформировании и разрушении.			
9	Камера с контролируемой атмосферой	комплект	1	Камера с контролируемой атмосферой необходима для уменьшения воздействия кислорода и влаги при исследовании методами атомно-силовой микроскопии изменения топографии поверхностей, модифицируемых материалов под воздействием пучков заряженных частиц.	2	5	
ИТОГО						167	0

3.2. Закупка расходных материалов

№ п/п	Наименование материалов	Единица измерения	Количество	Обоснование приобретения.	Номер этапа работ, в котором планируется закупка	Стоимость оборудования, млн. руб., из них:	
						Средства субсидии	Средства получателя субсидии
	Тиристоры и предохранители в силовых блоках выпрямительных секций преобразователей	комплект	108	Текущее обслуживание источников питания токамака	1	0	1,62
	Комплект щелей и диафрагм для вторично-ионного масс-	Комплект	1	Являются элементами ионной оптики, формирующими пучок и подвержены	3	2	0

№ п/п	Наименование материалов	Единица измерения	Количество	Обоснование приобретения.	Номер этапа работ, в котором планируется закупка	Стоимость оборудования, млн. руб., из них:	
						Средства субсидии	Средства получателя субсидии
	спектрометра IMS-7f			разрушению во время работы. Для успешного выполнения работ и поддержания работоспособности вторично-ионного масс-спектрометра требуется их регулярная замена			
	Вращающийся анод для дифрактометра D8 Discover	Шт	2	Срок службы вращающегося анода составляет от 3 до 6 месяцев, для успешного выполнения работ и поддержания работоспособности дифрактометра требуется его регулярная замена	1,3	2,2	0
	Комплект расходных материалов для сферического токамака Глобус-М	Комплект		Необходимы для текущего обслуживания сферического токамака Глобус-М	1-3	5,8	0
ИТОГО						10	1,62

3.3. Модернизация, содержание и ремонт научного оборудования ЦКП

№ п/п	Наименование работы	Краткое содержание работы	Ожидаемые результаты выполнения работы	Номер этапа выполнения работ	Стоимость оборудования, млн. руб., из них:	
					Средства субсидии	Средства получателя субсидии
<i>Работы по модернизации научного оборудования</i>						

№ п/ п	Наименование работы	Краткое содержание работы	Ожидаемые результаты выполнения работы	Номер этапа выполнения работ	Стоимость оборудования, млн. руб., из них:	
					Средств а субсиди и	Средства получател я субсидии
1	Замена (умощнение) тиристоров и предохранителей в силовых блоках выпрямительных секций преобразователей	Замена элементов выпрямительных секций на основе современной элементной базы с целью повышения технических характеристик и надежности	Замена в 108 секциях	1	0,1	1,62
2	Разработка, изготовление монтаж и пусконаладка плат драйверов силовых тиристоров выпрямительных секций преобразователя	Модернизация драйверов выпрямительных секций	Повышение помехоустойчивости	1	0,1	0,96
<i>Работы по содержанию научного оборудования</i>						
3	Плановое техническое обслуживание систем электроснабжения, вентиляции и кондиционирования	Регламентное обслуживание вспомогательных инженерных систем	Поддержание в соответствии с требованиями производителя оборудования характеристик помещений, линий снабжения электропитанием и охлаждением	2-3	0,1	0,1
<i>Работы по ремонту научного оборудования</i>						
4	Плановый ремонт научного оборудования	Замена вышедших из строя компонентов	Поддержание паспортных характеристик приборов	2-3	0,1	0,5
<i>Прочие работы</i>						
5	Плановый ремонт помещений с научным	Косметический ремонт помещений	Поддержание в соответствии с требованиями	2-3	0,1	0,5

№ п/п	Наименование работы	Краткое содержание работы	Ожидаемые результаты выполнения работы	Номер этапа выполнения работ	Стоимость оборудования, млн. руб., из них:	
					Средства субсидии	Средства получателя субсидии
	оборудованием		производителя оборудования характеристик помещений,			
ИТОГО					0,5	3,68

3.4. Разработка новых методик выполнения измерений

№ п/п	Наименование разрабатываемой методики выполнения измерений/исследований	Ожидаемые результаты от использования методики	Номер этапа выполнения мероприятия	Стоимость оборудования, млн. руб., из них:	
				Средства субсидии	Средства получателя субсидии
1	Методика генерации безындукционного тока в токамаке ВЧ-волнами.	Расширение перечня услуг	2-3	0,1	0
2	Методика генерации безындукционного тока в токамаке при инжекционном нагреве.	Расширение перечня услуг	2	0,1	0
3	Методика измерения безындукционного тока при наличии вихревого электрического поля и индуктивной составляющей плазменного тока.	Повышение точности измерений	2	0,1	0
4	Методика измерения тепловых потоков в дивертор.	Исследование процессов теплообмена переноса в диверторе и пристеночном слое	2	0,1	0
5	Методика измерения температуры приемных пластин дивертора бесконтактным способом.	Исследование процессов теплообмена переноса в диверторе и пристеночном слое	3	0,1	0

№ п/п	Наименование разрабатываемой методики выполнения измерений/исследований	Ожидаемые результаты от использования методики	Номер этапа выполнения мероприятия	Стоимость оборудования, млн. руб., из них:	
				Средства субсидии	Средства получателя субсидии
6	Методика измерения спектра нейтронов, возникающих в реакциях синтеза.	Измерение и анализ спектра радиационных потерь	3	0,1	0
7	Методика измерения времени торможения быстрых ионов при инжекционном нагреве.	Повышение эффективности нагрева	1	0,1	0
8	Методика измерения тепловыделения в электромагнитной системе токамака	Обеспечение безаварийной работы	3	0,1	0
ИТОГО				0,8	0

3.5. Развитие кадрового потенциала ЦКП

№ п/п	Наименование мероприятия	Краткое содержание мероприятия	Ожидаемые результаты выполнения мероприятия	Номер этапа выполнения мероприятия	Стоимость, млн. руб., из них:	
					Средства субсидии	Средства получателя субсидии
1	Чтение курсов лекций студентам базовой кафедры физики плазмы ФБГОУ ВПО СПбГПУ	Лекции по физике плазмы, взаимодействию ЭМ волн с плазмой и физике удержания в токамаках	Сдача экзаменов и зачетов по перечисленным дисциплинам	1, 2, 3	0	0
2	Руководство аспирантами	Изучение иностранного языка, истории философии, и научных материалов по специальности	Сдача экзаменов по иностранному языку, истории философии и специальности	1-3	0	0
3	Руководство практикой студентов старшекурсников	Постановка научной задачи, обучение работе с приборами, подготовка к экспериментальной и теоретической работе	Подготовка специалистов высшего профессионального образования	1, 2, 3	0	0
4	Тренинг обслуживающего персонала	Изучения правил эксплуатации электроустановок, производственных инструкций	Сдача экзаменов по ТБ и ПТЭ и ПТБ	2	0	0
5	Проведение еженедельного научно-технического	Обсуждение планов работ, предложений по экспериментам.	Сплочение коллективов научного и	1, 2, 3	0	0

	совещания персонала Глобус-М	Обсуждение проблем эксплуатации оборудования. Обсуждение концепции развития и передовых научно-технических решений, применяемых на других сферических токамаках	технического персонала, осознание важности работы каждого для успеха общей работы, расширение научного и технического кругозора персонала			
б	Участие научного персонала в научных семинарах лаборатории высокотемпературной плазмы	Обсуждение результатов, полученных теоретических и экспериментальных результатов с Глобус-М, выступление с докладами, обсуждение диссертационных работ	Повышение научной квалификации, обмен опытом исследований	1, 2, 3	0	0
		ИТОГО			0	0

3.6. Метрологическое обеспечение деятельности ЦКП

Все современное диагностическое оборудование ЦКП, используемое для решения материаловедческих задач, связанных с воздействием плазмы на конструкционные материалы: рентгеновский дифрактометр D8 DISCOVER (Bruker, Германия), просвечивающий электронный микроскоп JEM 2100F (JEOL, Япония), сканирующий электронный микроскоп JSM 7001F (JEOL, Япония), атомно-силовой микроскоп Dimension 3100 (VEECO, США), вторично-ионный микрондовый масс-спектрометр IMS 7f (CAMECA, Франция), - имеют свидетельства утверждения типа средств измерений и внесены в Государственный реестр средств измерений России. Оборудование проходит регулярные проверки и калибровки по процедурам установленным уполномоченным метрологическим центром с привлечением сотрудников этого центра.

№ п/п	Наименование мероприятия	Краткое содержание мероприятия	Ожидаемые результаты выполнения мероприятия	Номер этапа выполнения мероприятия	Стоимость, млн. руб., из них:	
					Средства субсидии	Средства получателя субсидии
1	Плановая поверка и калибровка диагностического оборудования ЦКП	Проведение мероприятий по метрологическому обеспечению, включающих в себя поверку оборудования внесенного в Государственный реестр средств измерений	Свидетельства о поверке вторично-ионного масс-спектрометра IMS-7f, зондового микроскопа Veeco Dimension 3100.	1,3	0	1

3.7. Повышение доступности приборной базы ЦКП для внешних и внутренних пользователей

№ п/п	Наименование мероприятия	Краткое содержание мероприятия	Ожидаемые результаты выполнения мероприятия	Номер этапа выполнения мероприятия	Стоимость, млн. руб., из них:	
					Средства субсидии	Средства получателя субсидии
1.	Проведение мероприятий по актуализации информации, размещенной на интернет-сайте ЦКП	Постоянное обновление информации о ЦКП, освоенных методиках, полученных важных научных результатах, публикациях с использованием оборудования ЦКП, перечень актуальной информации о правилах и порядке доступа.	Поддержание актуального статуса информации на интернет-сайте ЦКП	1-3	0,1	0
2.	Проведение мероприятий по созданию интернет ресурса, содержащего базу экспериментальных данных ЦКП	Обеспечение возможности использования своей базы данных в режиме удаленного доступа с использованием защищенных протоколов	Возможность использования базы данных ЦКП в режиме удаленного доступа с использованием защищенных протоколов	2-3	0,1	0
3.	Проведение мероприятий по расширению функциональности интернет-сайта ЦКП	Обеспечение возможности (видеоконференция, электронная почта) для on-line обсуждения условий выполнения заказа. Обеспечение возможности удаленного доступа к диагностическому оборудованию через современные наземные и спутниковые информационные сети, включая защищенные каналы	Создание возможности удаленного обсуждения экспериментов и измерений, удаленного доступа к диагностическому оборудованию	2-3	0,1	0
4.	Представление	На стенде будет	Экспозиция на	2-3	0,5	0,00

	результатов работ на международной тематической выставке	представлены информационные материалы с описанием целей ЦКП, проведено обсуждение результатов с ведущими российскими и зарубежными специалистами, представителями промышленности и бизнеса	международной тематической выставке, стимулирующая интерес к работе ЦКП широкой аудитории			
5.	Участие сотрудников ЦКП в 42-й Международной Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС	Обсуждение результатов с ведущими российскими и зарубежными специалистами	Будет представлено 4 доклада	2	0,10	0,10
6.	Участие сотрудников ЦКП и сотрудников организаций-пользователей в 42 Европейской конференции по физике плазмы	Обсуждение результатов с ведущими российскими и зарубежными специалистами	Будет представлено не менее 3-х докладов	2-3	0,30	0,40
7.	Выпуск рекламной брошюры о ЦКП	Будет подготовлен и заказан в типографии рекламный буклет с описанием ЦКП	Брошюра будет содержать направления исследования и перечень услуг, оказываемых ЦКП	2	0,20	0,00
8.	Проведение мероприятия по ознакомлению журналистов с результатами ЦКП	Будут приглашены журналисты ведущих СМИ	Статьи и заметки в СМИ, с фотографиями, возможен телерепортаж	3	0,10	0,00
9.	Обеспечение возможности использования базы данных ЦКП в режиме удаленного доступа с использованием защищенных протоколов					
ИТОГО					1,5	0

3.8. Расширение перечня оказываемых ЦКП услуг

№ п/п	Наименование мероприятия	Краткое содержание мероприятия	Ожидаемые результаты выполнения мероприятия	Номер этапа выполнения мероприятия	Стоимость, млн. руб., из них:	
					Средства субсидии	Средства получателя субсидии

1	Исследование удержания плазмы в токамаке с дивертором	Обеспечение возможности создания плазменного разряда в токамаке с дивертором при величине отношения тороидального магнитного поля к большому радиусу плазмы величиной более 1 Тл/м	Расширение перечня оказываемых услуг, получение новых данных	1	0,1	0
2	Исследование нагрева плазмы в токамаке с дивертором	Обеспечение возможности создания и поддержания плазменного разряда в токамаке с дивертором при дополнительном нагреве пучком нейтральных атомов мощностью 1 МВт	Расширение перечня оказываемых услуг	2	0,1	0
3	Исследования безиндукционного поддержания тока плазмы в токамаке с дивертором	Обеспечение возможности создания и поддержания плазменного разряда в токамаке с дивертором при помощи СВЧ излучения частотой 2,45 ГГц	Расширение перечня оказываемых услуг	3	0,1	0
4	Материаловедение первой стенки в токамаке с малым аспектным отношением	Исследования свойств материалов, применяемых для защиты, обращенной к плазме поверхности камеры токамака с малым аспектным отношением	Расширение перечня оказываемых услуг, получение новых данных,	3	0,1	0
Итого					0,4	0

3.9. Мероприятия по развитию внутренней и международной кооперации ЦКП в научной и инновационной сферах

Внутренняя кооперация ЦКП постоянно развивается за счет участия в экспериментах как сотрудников различных лабораторий ФТИ им. А.Ф. Иоффе, так и российских организаций-пользователей.

Международная кооперация постоянно развивается в рамках договоров о научно-техническом сотрудничестве с Казахским материаловедческим токамаком КТМ (Национальный ядерный центр, г. Курчатов, Казахстан) и рамочного соглашения о кооперации с Калэмским научным центром по термоядерной энергии (CCFE, Culham, Великобритания). В рамках 25-й Международной конференции по термоядерной энергии МАГАТЭ были проведены переговоры с представителями Казахстана и Великобритании о продолжении международного сотрудничества. Обсуждались конкретные эксперименты, в проведении которых заинтересована казахская сторона. С представителями Великобритании обсуждались вопросы проведения очередного симпозиума Culham-Ioffe (2015), традиционно проводимого по очереди каждой из сторон, а также вопросы научного обмена специалистами для проведения совместных экспериментов. Кроме этого, руководитель УНУ Глобус-М и руководитель предлагаемого проекта Гусев В.К. по приглашению американской стороны принял участие в совещании Международного Энергетического Агентства (IEA) по сферическим токамакам. Как известно, Россия не является участником этого Агентства, тем не менее, на совещании обсуждался вопрос об участии коллектива, работающего на установке Глобус-М в качестве ассоциированного представителя на совместных совещаниях. Также в рамках этого совещания обсуждался вопрос о проведении международного рабочего совещания по сферическим токамакам (STWS 2015), который берется проводить американская сторона. Для обеспечения возможности участия российских ученых В.К. Гусевым было предложено проводить его на территории Принстонского университета, который не имеет ограничений по доступу российских ученых.

№ п/п	Наименование мероприятия	Краткое содержание мероприятия	Ожидаемые результаты выполнения мероприятия	Номер этапа выполнения мероприятия	Стоимость, млн. руб.	
					Средства субсидии	Средства получателя субсидии
1	Подготовка ежегодного международного симпозиума 2015 года Culham-Ioffe Symposium 2015. Совместно с Калэмской лабораторией (Великобритания)	Будет проведена переписка по электронной почте с целью подготовки симпозиума, разработана программа, сроки проведения и согласован список участников.	Программа международного симпозиума Culham-Ioffe Symposium 2015	2		0,00
2	Проведение международного симпозиума Culham-Ioffe symposium 2015	Будут оформлены приглашения участникам симпозиума, разработана программа приема и культурных мероприятий. В рамках симпозиума будет проведено обсуждение	Публикация об эффективности генерации безындукционного тока увлечения на токамаке с вытянутой плазмой и дивертором	2	0,00	0,00

		результатов экспериментов на сферических токамаках MAST (UK) и Глобус-М (Россия) по безындукционному поддержанию тока с помощью ВЧ и СВЧ волн и другие научные вопросы.				
3	Подготовка международного технического совещания по сферическим токамакам (STWS 2015).	Будут проведена переписка по электронной почте с целью разработки научной программы совещания, согласования списка участников, сроков и условий проведения совещания.	Научная программа международного технического совещания по сферическим токамакам (STWS 2015).	2	0,00	0,00
4	Участие в работе международного технического совещания по сферическим токамакам (STWS 2015).	Представление и обсуждение результатов, полученных на токамаке Глобус-М, обсуждение результатов, полученных на сферических токамаках США, Великобритании, Бразилии, Италии, Кореи, КНР и Японии	Будут представлены доклады о результатах научных исследований на токамаке с вытянутой плазмой и дивертором	3		0,00
5	Участие в работе 42 международной Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, Москва, 2015	Представление и обсуждение результатов, полученных на токамаке Глобус-М, обсуждение результатов, полученных на других типах магнитных ловушек и теоретических результатов.	Будут представлены не менее 2-х докладов о результатах научной программы токамака с вытянутой плазмой и дивертором	2	0,00	
6	Участие в работе 42-ой Европейской конференции по физике плазмы, 2015	Представление и обсуждение результатов, полученных на токамаке Глобус-	Будут представлены не менее 3-х докладов о результатах	2-3		

		М, обсуждение результатов, полученных на других установках и результатов численных и теоретических расчетов	полученных на токамаке с вытянутой плазмой и дивертором			
7	Разработка требований (совместно с ИЯФ им. Будкера СО РАН) к электросетям ФТИ им. Иоффе для подключения систем инжектора высокоэнергичных атомов	Будут разработаны технические требования к электрическим сетям для подключения систем инжектора высокоэнергичных атомов	К электрическим сетям будет подключена система инжектора высокоэнергичных атомов	2		
ИТОГО					0	0

Раздел 4. Контроль за реализацией Программы

4.1. Порядок контроля за ходом реализации Программы со стороны руководителя ЦКП

В группе токамака Глобус-М еженедельно под председательством руководителя группы Глобус-М (руководителя предлагаемого проекта), проходят научно-технические совещания, на которых обсуждается ход работ, работы по модернизации установки и проблемы, связанные с обеспечением ее текущей эксплуатации. Такие совещания проводятся регулярно с начала 2000-х годов. Проведено более 750 таких совещаний, на которых протоколируются состав участников и принятые решения. Рассматривается ход регламентных и ремонтных работ, проведения экспериментов, в том числе и по заявкам пользователей. Также постоянно контролируется выполнение пунктов программы, связанных с закупкой материалов и оборудования, созданием новых диагностик, методик исследований, состоянием приборной базы. Обсуждаются вопросы модернизации источников энергопитания, контролируется вакуумное оборудование и состояние разрядной камеры токамака. При необходимости, в таких оперативных совещаниях принимает участие руководитель ЦКП.

Кроме того, не реже, чем раз в квартал на заседании научного совета ЦКП заслушивается и обсуждается научная деятельность и работы по оказанию услуг.

4.2. Порядок контроля за ходом реализации Программы со стороны базовой организации ЦКП

В соответствии с документами, регламентирующими деятельность ЦКП, его руководитель и руководитель проекта осуществляют постоянный оперативный контроль за ходом выполнения работ и заслушивают доклады сотрудников, ответственных за их выполнение. Наряду с этим, еженедельный контроль осуществляет заведующий лабораторией физики высокотемпературной плазмы проф. Е.З. Гусаков. Периодический контроль с посещением лаборатории осуществляют руководитель отделения Физики плазмы, атомной физики и астрофизики ФТИ им. А.Ф. Иоффе д.ф.-м.н. А.М. Быков и первый зам. директора по научной работе проф. С.В. Лебедев. Кроме этого, зав. лабораторией Е.З. Гусаков, зам. директора С.В. Лебедев принимают участие в научной программе Глобус-М. Директор ФТИ им. А.Ф. Иоффе чл.-корр. РАН проф. А.Г. Забродский регулярно заслушивает ход выполнения работ на коллегии директоров отделений ФТИ им. А.Ф. Иоффе и посещает лабораторию. Также периодически руководитель группы Глобус-М д. ф.-м. наук В.К. Гусев выступает с докладами перед Ученым советом ФТИ, который таким образом знакомится с ходом работ и обсуждает выполнение программы.

Финансовый контроль над ходом работ по Программе осуществляется главным экономистом отделения Физики плазмы, атомной физики и астрофизики Н.В. Шустовой, заместителем директора ФТИ им. А.Ф. Иоффе по экономике к. э. н. О.В. Дудник и главным бухгалтером ФТИ им. А.Ф. Иоффе Н.А. Чижовой. Финансовый контроль заключается в проверке целевого использования средств и получении необходимых согласований при оплате услуг, покупке материалов и оборудования.

Раздел 5. Результаты реализации Программы, оценка её эффективности

В результате реализации программы развития ЦКП будут достигнуты следующие результаты:

- Реализована Программа развития ЦКП на 2014-2015 годы, в т.ч.:
 - дооснащена приборно-аналитическая база ЦКП современным дорогостоящим научным и метрологическим оборудованием стоимостью свыше 3 млн. рублей в объеме не менее 80 процентов стоимости проекта;
 - осуществлен комплекс мероприятий, направленный на обеспечение доступности и востребованности оборудования ЦКП для проведения научно-исследовательских программ и проектов, направленных на решение ПНЗ «Исследования и разработка физических принципов и технических решений эффективной и безопасной гибридной ядерной энергетики», в том числе – проведена модернизация интернет-сайта ЦКП в целях

постоянного обновления данных и информации для потенциальных пользователей;

- проведены мероприятия по развитию системы нормативно-методического, метрологического и информационного обеспечения деятельности ЦКП;

- проведены мероприятия по развитию кадрового потенциала ЦКП;

- разработаны (освоены) новые методики измерений:

- Методика генерации безындукционного тока в токамаке ВЧ-волнами.
- Методика генерации безындукционного тока в токамаке при инжекционном нагреве.
- Методика измерения безындукционного тока при наличии вихревого электрического поля и индуктивной составляющей плазменного тока.
- Методика измерения тепловых потоков в дивертор.
- Методика измерения температуры приемных пластин дивертора бесконтактным способом.
- Методика измерения спектра нейтронов, возникающих в реакциях синтеза.
- Методика измерения времени торможения быстрых ионов при инжекционном нагреве.
- Методика измерения тепловыделения в электромагнитной системе токамака.

- сформирован ЦКП федерального уровня как элемент единой национальной инфраструктуры сектора исследований и разработок, способный обеспечить материально-техническую поддержку комплексных исследований в университетах и научных организациях России по ПНЗ «Исследования и разработка физических принципов и технических решений эффективной и безопасной гибридной ядерной энергетики». ЦКП должен обеспечить мировой уровень исследований, эффективную кооперацию исполнителей НИОКР на основе современного приборно-инструментального и методического потенциала.

- Достигнуты значения индикаторов и показателей выполнения работ.

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Значение	
			2014 год	2015 год
Индикаторы				
8.2.1	Удельный вес лабораторного и аналитического оборудования в возрасте до 5 лет в общей стоимости лабораторного и	%	62	70

	аналитического оборудования центра коллективного пользования научным оборудованием			
8.2.2	Число организаций-пользователей научным оборудованием центра коллективного пользования научным оборудованием	единиц	5	30
8.2.3	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности исследователей, выполняющих работы в центре коллективного пользования научным оборудованием	%	34	34
8.2.4	Объем привлеченных внебюджетных средств (от общего объема финансирования работ в текущем году), не менее	процентов	10	10
Показатели				
8.3.1	Число публикаций по результатам исследований и разработок с использованием научного оборудования сети центров коллективного пользования научным оборудованием, в научных журналах, индексируемых в базе данных Scopus или в базе данных "Сеть науки" (WEB of	Ед.	0	5

	Science)			
8.3.2	Количество разработанных (освоенных) новых методик измерений	Ед.	1	7

5.1. Ожидаемые значения показателей реализации Программы развития ЦКП на 2014-2015 годы

№ п/п	Наименование показателя	Ожидаемые значения в 2014 году	Ожидаемые значения в 2015 году
1	Доля сотрудников с ученой степенью, %	50	50
2	Стоимость дорогостоящего оборудования, млн. руб.	336	415
3	Средний возраст дорогостоящего оборудования, лет	4	3
4	Доля дорогостоящего оборудования в возрасте до 5 лет в общей стоимости, % (приводится в соответствии с ТЗ)	62	70
5	Загрузка дорогостоящего оборудования, %	60	60
6	Загрузка дорогостоящего оборудования в интересах внешних пользователей, % (отношение фонда времени отработанного оборудованием для внешних пользователей к фонду фактически отработанного времени)	40	40
7	Производительность ЦКП в год, млн. руб./чел. (отношение стоимостного объема выполненных НИР и оказанных услуг к количеству сотрудников ЦКП)	1,5	1,5
8	Фондоотдача оборудования ЦКП за счет заказов внешних пользователей, ед. (отношение суммы стоимостного объема НИР, выполненных для внешних пользователей, и стоимостного объема оказанных внешним пользователям услуг к стоимости оборудования ЦКП)	0,05	0,05
9	Количество организаций-пользователей за год (приводится в соответствии с ТЗ)	5	30
10	Публикационная активность научных работников ЦКП (отношение количества публикаций научных работников ЦКП в год к числу научных работников ЦКП)	0,3	0,3

Результаты реализации Программы развития ЦКП в период 2014-2015 годов закладывают основу для существенного прогресса по основным нерешенным задачам и технологиям ПНЗ:

- поддержание стационарного (квазистационарного) тока в токамаке,
- устойчивость и удержание плазмы с высоким кинетическим давлением ионного пучка,
- материаловедческие проблемы первой стенки и дивертора,
- в направлении решения ПНЗ «Исследования и разработка физических принципов и технических решений эффективной и безопасной гибридной ядерной энергетики», а в ближайшем будущем, позволят получить новые научные результаты мирового уровня , позволят разработать ряд новых методик и повысить качество и количество оказываемых ЦКП услуг.

Руководитель ЦКП
чл.-корр. РАН



С.Г. Конников

Научный руководитель работ
д.ф.м.н.



В.К. Гусев