

## **ИНФОРМАЦИЯ**

### **о ходе работ по подготовке проекта программы научных исследований на казахстанском материаловедческом токамаке**

#### **ВВЕДЕНИЕ**

В целях реализации пункта 1.5 Плана первоочередных мероприятий по реализации Рамочной программы сотрудничества государств – участников СНГ в области мирного использования атомной энергии на период до 2020 года «СОТРУДНИЧЕСТВО «АТОМ – СНГ» (далее – Рамочная программа), принятой Решением Совета глав правительств СНГ от 19 мая 2011 года, Комиссией государств – участников СНГ по использованию атомной энергии в мирных целях (далее – Комиссия) подготовлена информация о ходе реализации работ по созданию проекта программы научных исследований на казахстанском материаловедческом токамаке (далее – КТМ).

Решение Совета глав правительств СНГ от 19 мая 2011 года подписали Республика Армения, Республика Беларусь, Республика Казахстан, Кыргызская Республика, Российская Федерация, Республика Таджикистан и Украина.

Представленная Информация включает сведения о ходе выполнения работ по сооружению комплекса в Республике Казахстан, этапах развития проекта, его текущем состоянии и предполагаемых результатах реализации, а также о подготовке проекта совместной программы научных исследований на КТМ.

Реализация проекта КТМ позволит заложить основы решения важных задач современной ядерной энергетики, в числе которых наработка искусственного ядерного топлива, замыкание топливного цикла, утилизация ядерных отходов, что соответствует современным инновационным подходам к развитию атомной энергетики с использованием достижений управляемого термоядерного синтеза. В свою очередь, выполнение программы совместных исследований позволит отработать методы испытания конструкционных материалов и создать методическую базу измерений, создать промышленно-технологические основы для производства нового поколения конкурентоспособной наукоемкой продукции мирового уровня в области атомной энергии, машиностроительного и энергетического оборудования.

Ниже приведена основная информация о комплексе КТМ, цели и задачи проекта, текущее состояние, дальнейшие планы по завершению строительства комплекса и подготовке проекта совместной программы научных исследований.

#### **ИНФОРМАЦИЯ О ТОКАМАКАХ**

В настоящее время токамаки являются одними из самых сложных электрофизических установок и предназначаются для исследований в области физики плазмы и технологий управляемого термоядерного синтеза.

Токамаки признаны наиболее перспективным прототипом будущего термоядерного реактора, т.е. именно на основе установки типа токамак планируется построить будущий термоядерный реактор.

Между уже существующими атомными реакторами и будущим термоядерным реактором существует принципиальное различие. Атомные реакторы основаны на принципе цепной реакции деления тяжелых ядер на более легкие. В термоядерном реакторе, напротив, будет происходить слияние более легких ядер в тяжелые с выделением энергии, по количеству намного превосходящей энергию реакции деления.

Освоив реакцию управляемого термоядерного синтеза, человечество получит практически неиссякаемый экологически чистый источник энергии. Даже в случае возникновения самой тяжелой аварии экологическая обстановка за пределами площадки термоядерного реактора практически не изменится. В процессе работы термоядерного реактора не образуется долгоживущих радиоактивных веществ, наряду с этим не происходит загрязнения атмосферы золой и оксидами газов, что неминуемо для углеводородной энергетики.

Программа по освоению управляемого термоядерного синтеза существует с 1951 года. В мире насчитываются около 60 различных установок термоядерного синтеза, предназначенных для решения этих специфических проблем.

Предполагается, что первая установка, которая вплотную приблизит человечество к коммерческому получению энергии на основе управляемого термоядерного синтеза, будет ИТЭР (Международный экспериментальный реактор-токамак), который создается в настоящий момент во Франции усилиями многих стран. Сооружение КТМ осуществляется в г. Курчатове Восточно-Казахстанской области Республики Казахстан в соответствии с решением Правительства Республики Казахстан в поддержку программы ИТЭР, а также для развития в Республике Казахстан современной науки и технологий, подготовки научных и инженерных кадров высокой квалификации.

КТМ позволит испытывать материалы под тепловой нагрузкой. Оригинальные проектные решения КТМ будут способствовать решению множества различных задач как плазмозащитного, так и инженерно-технического характера.

КТМ представляет собой вакуумную камеру из нержавеющей стали, окруженную обмотками электромагнитной системы для создания мощных электромагнитных полей. Рабочим телом для КТМ будет служить смесь водород – дейтерий.

В процессе разряда в токамаке КТМ плазма будет нагреваться до температуры десятки миллионов градусов. Основные тепловые потоки будут направлены на пластины дивертора, содержащие исследуемые образцы конструкционных материалов. От стенок камеры плазма будет термоизолирована сильными электромагнитными полями.

Основное отличие токамака КТМ от аналогичных установок – наличие подвижного дивертора и транспортно-шлюзового устройства, через которое возможна замена исследуемых образцов на диверторе в кратчайшие сроки, без разгерметизации вакуумной камеры.

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА КТМ

Целью проекта является проведение исследований в области управляемого термоядерного синтеза, физики плазмы, исследований и испытаний конструкционных материалов и узлов будущих энергетических термоядерных реакторов.

Реализация проекта позволит достичь следующих целей:

создать уникальную, не имеющую аналогов в мире научную и производственную базу для исследований в области термоядерного синтеза, физики плазмы, термоядерного материаловедения и перспективных источников энергии;

повысить конкурентоспособность научного сектора экономики государственных участников;

создать основу для повышения научно-технического потенциала и подготовки высококвалифицированных кадров для науки и промышленности;

снизить негативное отношение населения к вопросам развития атомной энергетики;

повысить уровень технического образования.

Установка КТМ предназначена для исследований и испытаний материалов, технологий и отдельных узлов и конструкций будущего реактора термоядерного синтеза, а также отработки сценариев работы источников термоядерных нейтронов для гибридных реакторов.

В КТМ могут проводиться также испытания материалов и узлов при условиях, соответствующих не только ИТЭР, но и будущим термоядерным установкам и реакторам.

Таким образом, реализация проекта по созданию КТМ позволит внести существенный вклад в развитие термоядерной энергетики, а цели и задачи проекта, а также научно-технические решения для их реализации обладают исключительной научной новизной.

Проведение совместных научных исследований на КТМ – первом в мире технологическом токамаке для реакторного материаловедения – позволит занять одно из лидирующих мест в мировой термоядерной программе.

Ввод КТМ в строй задолго до завершения строительства, монтажа и начала полноценных экспериментальных исследований на ИТЭР будет служить основой широкого международного сотрудничества в области термоядерного материаловедения, включая как новые материалы, так и технологические решения и конструкции. Вместе с тем КТМ будет единственной мегаамперной установкой в мире, которая может существенно пополнить базу данных по физике процессов удержания плазмы в пограничной области между сферическими и классическими токамаками, а также будет служить прототипом будущего компактного энергетического термоядерного реактора. Поэтому создание КТМ может явиться значительным вкладом в развитие термоядерной энергетики, что придает проекту исключительную практическую востребованность.

На комплексе КТМ после завершения строительно-монтажных и пуско-наладочных работ будут осуществляться:

- исследования в области управляемого термоядерного синтеза;
  - исследования и испытания конструкционных материалов и узлов будущих энергетических реакторов;
  - отработка инновационных технологий термоядерной энергетики, в частности, применение литиевых технологий.
- Аналогичные установки в мире отсутствуют.

### **ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ПРОЕКТА**

Сооружение комплекса КТМ началось в г. Курчатове (Восточно-Казахстанская область, Республика Казахстан) в 1998 году. За истекший период были проведены следующие этапы работ:

- 1999–2003 годы – проектирование установки и основных систем КТМ;
  - 2003–2007 годы – изготовление КТМ;
  - 2006–2007 годы – завершение реконструкции лабораторного корпуса и реакторного зала;
  - декабрь 2007 года – завершение изготовления КТМ на опытном заводе Научно-исследовательского института электрофизической аппаратуры (Российская Федерация);
  - 2008–2010 годы – монтаж КТМ и всех систем на рабочем месте в Институте атомной энергии Национального ядерного центра Республики Казахстан;
  - 2010 год – посистемная наладка и подготовка к физическому пуску комплекса и демонстрационный пуск;
  - 2011–2014 годы – переработка технико-экономического обоснования и пересчет проектно-сметной документации, повторная госэкспертиза проекта.
- В ближайшей перспективе планируется осуществить следующие работы:
- 2015–2017 годы – подготовка к физическому пуску комплекса;
  - 2017 год – физический пуск и сдача комплекса КТМ в эксплуатацию;
  - 2017–2018 годы и далее – осуществление совместной программы научных исследований на КТМ.

### **ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ПРОЕКТА**

В настоящее время в г. Курчатове накоплен необходимый опыт проведения материаловедческих исследований, есть энергоресурсы для обеспечения электропитания, а также опыт создания и эксплуатации сложных исследовательских установок.

Республиканское государственное предприятие «Национальный ядерный центр» Республики Казахстан (далее – РГП НЯЦ РК) располагает материально-техническими возможностями для выполнения научно-исследовательских работ. На реакторном комплексе в помещениях лаборатории внутриканальных испытаний имеются установки для проведения реакторных и вне реакторных экспериментов.

Материаловедческая база РГП НЯЦ РК позволяет исследовать микроструктуру, элементный фазовый состав материала на современном уровне, а также выполнить необходимые работы по созданию опытных приспособлений для реализации различных технологических решений.

Большой интерес проект КТМ вызвал у стран – членов Евросоюза и Японии, с которыми заключены меморандумы и соглашения о проведении совместных исследований физических процессов в плазме, испытаний и разработок новых материалов и технологий термоядерной энергетики.

Организации Российской Федерации принимали активное участие в работах по созданию КТМ на контрактной основе на стадиях эскизного и технического проектирования, разработки сценариев работы установки, изготовления вакуумной камеры и электромагнитной системы, систем технологических и физических диагностик. В настоящее время завершены стадии проектирования, изготовления и монтажа установки и отдельных систем КТМ, проведены пуско-наладочные работы систем комплекса, пробный запуск установки и отлажена система технологических и физических диагностик первой очереди, проводится работа по наладке и подключению установки к системе внешнего электроснабжения.

Работы по комплексу реализованы на 80 %, что позволило провести пробный запуск КТМ.

Ввиду проблем с финансированием проекта в 2008–2010 годах срок реализации проекта строительства КТМ увеличился. Это потребовало пересмотра и переутверждения технико-экономического обоснования (ТЭО) проекта. Пересмотр указанных документов выполнен в 2012–2013 годах, и в настоящее время ТЭО получило положительное заключение в Госэкспертизе и утверждено в Комитете по делам строительства Республики Казахстан.

Вопрос возобновления достаточного уровня финансирования тщательно прорабатывается в Республике Казахстан. Участие других государств – участников СНГ могло бы оказать значительную поддержку данному проекту. В частности, запланировано и осуществляется участие российской стороны в подготовке комплекса к физическому пуску (2015–2017 годы).

Принято решение о демонстрации КТМ в качестве объекта международной выставки ЭКСПО-2017, которая будет проходить в г. Астане.

### **ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

Завершение создания комплекса КТМ в полном объеме позволит:  
завершить создание международной лаборатории для проведения исследований в области управляемого термоядерного синтеза и физики плазмы, а также отработать методы испытания конструкционных материалов и создать методическую базу измерений;

создать промышленно-технологические основы для производства нового поколения конкурентоспособной наукоемкой продукции мирового уровня в области атомной энергии, машиностроительного и энергетического

оборудования, специальных материалов и другой высокотехнологической продукции, что в целом обеспечит технологические аспекты безопасности государств – участников СНГ и развития их экономики;

сформировать технологические предпосылки для повышения темпов экономического роста за счет увеличения в структуре экономики доли продукции с высоким уровнем добавленной стоимости; обеспечить сохранение и создание новых рабочих мест на предприятиях высокотехнологичных отраслей промышленности;

развивать важные технологические направления, расширять возможности для равноправного международного сотрудничества в сфере ядерной и термоядерной энергетики и технологий.

Реализация проекта КТМ позволит заложить основы решения важных задач современной ядерной энергетики, в числе которых наработка искусственного ядерного топлива, замыкание топливного цикла, утилизация ядерных отходов, что соответствует современным инновационным подходам к развитию атомной энергетики с использованием достижений управляемого термоядерного синтеза.

### СОВМЕСТНАЯ ПРОГРАММА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2017 году после осуществления физического пуска и сдачи в эксплуатацию комплекс КТМ будет готов для выполнения программы научных исследований. Учитывая масштабность и значимость проекта, а также заинтересованность в его результатах других государств, в рамках СНГ в соответствии с п. 1.5 Плана первоочередных мероприятий по реализации Рамочной программы проводится подготовительная работа по разработке проекта программы научных исследований на КТМ. Непосредственный интерес к проекту программы проявили ведомства и организации трех государств:

**Республики Беларусь** – Государственное научное учреждение «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» НАН Беларуси, Национальный исследовательский университет «Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета;

**Республики Казахстан** – РГП НЯЦ РК, Институт атомной энергии – филиал НЯЦ РК, Институт ядерной физики, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики, ТОО Промэнергопроект, ТОО Казэлектромаш;

**Российской Федерации** – Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», АО «ВНИИНМ», АО «НИИЭФА им. Д.В.Ефремова», АО «Красная Звезда», ОАО «НИКИЭТ», Томский политехнический университет, Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт токов высокой частоты», Физико-технический институт РАН им. А.Ф.Иоффе, Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана, Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова».

Принять участие в реализации совместной программы научных исследований на КТМ могут другие заинтересованные государства – участники СНГ.

**Кыргызская Республика** сообщила о заинтересованности участия в проекте программы, отметив, что участие Кыргызской Республики в проекте сооружения токамака имеет важное значение, по крайней мере, на этапах НИР и ОКР. Вопросы использования атомной энергии в республике относятся к числу стратегических. Одним из ведущих предприятий электроэнергетической науки в Кыргызской Республике является КНТЦ «Энергия», что определяет преимущества специализации кыргызской стороны как поставщика научной интеллектуальной продукции.

Работа по подготовке указанной программы проводилась в рамках Комиссии. Была создана рабочая группа, которая провела пять заседаний:

в ноябре 2012 года, г. Алматы, РГП НЯЦ РК;

апреле 2013 года, г. Москва, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»;

октябре 2013 года, г. Харьков, Харьковский физико-технический институт;

июне 2014 года, г. Курчатов, Национальный ядерный центр (на заседании принят за основу откорректированный проект Основных положений и направлений деятельности международной программы исследований с использованием «КТМ» на 2017–2020 годы);

ноябре 2014 года, г. Минск, Министерство энергетики Республики Беларусь (на заседании предложено проработать возможности финансирования проекта путем объединения бюджетных средств, выделяемых на национальные программы в рамках отдельной профильной межгосударственной программы и подготовить финансово-экономическое обоснование мероприятий для рассмотрения Комиссией по экономическим вопросам при Экономическом совете СНГ).

Экспертами Комиссии выполнены расчеты возможных затрат на реализацию мероприятий программы, проведена оценка объемов работ, их сроков и стоимости. На 15-м заседании Комиссии, состоявшемся 12 ноября 2014 года в г. Минске, проект совместной программы научных исследований на КТМ был одобрен.

### **МОТИВАЦИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И РЕАЛИЗАЦИИ МЕЖДУНАРОДНОЙ ПРОГРАММЫ ИССЛЕДОВАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КТМ**

Создание экономичного и безопасного термоядерного реактора требует разработки специальных конструкционных материалов для первой стенки и blankets, компонентов реактора, работающих в условиях высоких тепловых потоков, сверхпроводящих магнитов, систем нагрева плазмы и других назначений.

Имеющиеся в государствах – участниках СНГ токамаки и другие установки термоядерного синтеза не позволяют в настоящее время проводить специализированные исследования конструкционных материалов, обращенных к плазме.

КТМ представляет уникальную возможность проведения материаловедческих исследований и испытания отдельных узлов и конструкций термоядерных реакторов.

Основными формами сотрудничества в ходе реализации программы совместных научных исследований на КТМ могут являться:

обмен информацией;

организация совместных конференций и семинаров;

направление ученых, инженеров и технических экспертов для работы на комплексе КТМ по совместной программе и участие специалистов КТМ в работах на токамаках стран – участниц Клуба пользователей КТМ;

обмен образцами, материалами, оборудованием и программным обеспечением внутри клуба пользователей КТМ;

проведение совместных научных исследований;

совместные публикации.

В процессе реализации проекта КТМ и проведения исследований используются уникальные технологии и технологические изделия, зачастую не имеющие аналогов в мире, что придает существенный импульс развитию электроэнергетической, металлургической, машиностроительной, химической и легкой промышленности в государствах – участниках проекта. Участие в данном проекте позволит приобрести уникальный опыт и сформировать команды высококвалифицированных специалистов – основу индустриально-инновационного развития.

В среднесрочной перспективе (2021–2025 годы) реализация проекта позволит привлечь участников из стран дальнего зарубежья для реализации совместной программы работ по испытанию новых инновационных технологий, методик и материалов для термоядерных реакторов.

В долгосрочной перспективе положительный экономический эффект будет получен от внедрения в государствах-участниках готовых технологий управляемого термоядерного синтеза – экологически чистой энергетики с практически неиссякаемым ресурсом.

### **ФИНАНСОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ**

Предполагается, что финансирование работ участников программы будет осуществляться за счет государств-участников. Планируется, что Республика Казахстан обеспечит командированным сотрудникам государств – участников СНГ рабочее место с доступом к компьютеру и Интернету, проживание и время для работы на КТМ в соответствии с предварительно согласованной программой научно-исследовательских работ. При этом специалисты, командированные по программе исследований на КТМ, будут иметь возможность временного ввоза оборудования и образцов для проведения исследований.



Согласно представленным расчетам затраты трех государств – участников СНГ, выразивших предварительную заинтересованность участия в реализации совместной программы научных исследований на КТМ, оценены следующим образом:

Государства – участники СНГ	Вклад в национальной валюте	Вклад (рассчитанный по официальному курсу на 8 июля 2015 года), млн долларов США
Республика Беларусь	23 859,246 млн белорусских рублей	1,55
Республика Казахстан	415,639 млн тенге	2,23
Российская Федерация	260,535 млн российских рублей	4,55

Указанные средства могут выделяться в том числе в рамках национальных программ, реализуемых государствами в данной сфере.

Проект совместной программы научных исследований на казахстанском материаловедческом токамаке на 2017–2018 годы, разработанный и одобренный Комиссией государств – участников СНГ по использованию атомной энергии в мирных целях, прилагается.

Комиссия государств – участников СНГ  
по использованию атомной энергии  
в мирных целях