

Реакторные установки с высокотемпературными реакторами (ВТГР) для атомных станций малой мощности

Кодочигов Николай Григорьевич, Петрунин Виталий Владимирович

Международная научно-практическая конференция:

«Возможности реализации проектов инновационных реакторных установок
повышенной безопасности средней и малой мощности в странах СНГ»

« Астана ЭКСПО-2017»

13.07.2017 -doc-NK

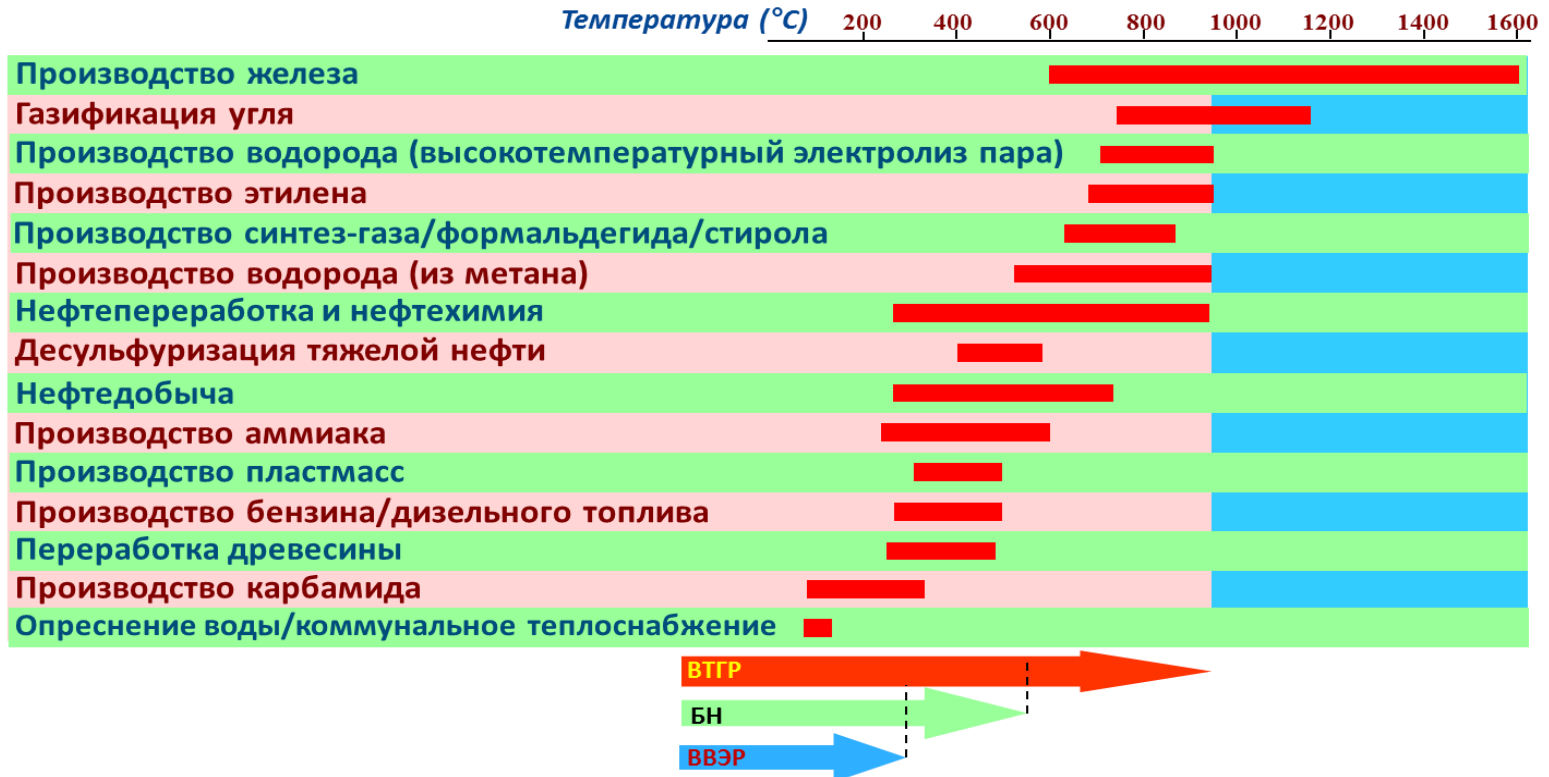
Энергетические вызовы 21 века

- Растёт глобальное потребление энергии из-за роста населения и повышения уровня жизни. Одновременно растут опасные выбросы углеродной энергетики.
- Освоенные месторождения нефти истощаются, сохранение темпов добычи возможно за счет «тяжелой» нефти, энергозатраты на добычу и переработку которой растут.
- Опережающими темпами растет спрос на энергию развивающимися странами, такими как Китай, Индия, Ближний Восток, Африка, Латинская Америка.
- Растет потребление энергии на транспорте с одновременным повышением требований к качеству топлива.

Возможное решение: расширение сфер использования безопасной атомной энергетики

Расширение сферы применения атомной энергии (продолжение)

Температурный потенциал технологических процессов



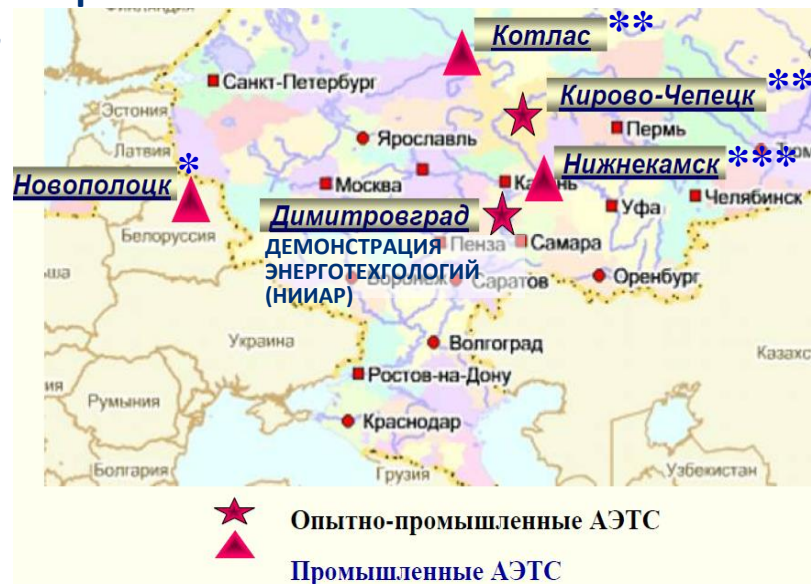
- ❖ Годовая потребность технологического тепла для условий России составила в обрабатывающих производствах 1910 млн. ГДж. [2]
- ❖ ВТГР способны решить задачу замещения углеводородов для многих технологических производств.

[2] Статья «Развитие централизованного теплоснабжения в России», Филиппов С.П., журнал «Теплоэнергетика, №12, 2009г.»

Статус работ по ВТГР в России

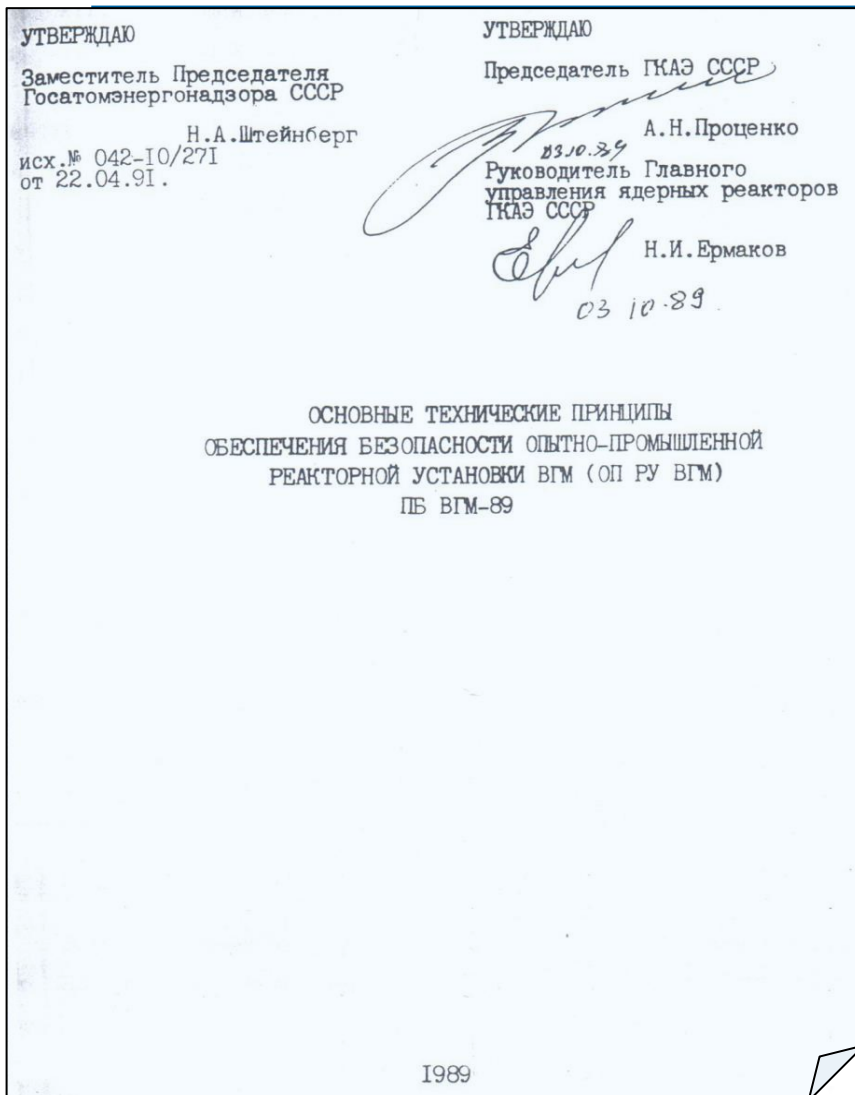
- ❖ Российские исследования и разработки по ВТГР были инициированы в 60-е годы и включали вопросы создания топлива, графита, конструкционных материалов, создания нового специфического оборудования и систем.
- ❖ В 70-е годы прошлого века была принята государственная программа атомно-водородной энергетики, которая с самого начала предусматривала разработку ВТГР для энерготехнологического применения, включая производство водорода.
- ❖ По результатам разработки ВТГР постановлением СМ СССР №794-191 от 16 июля 1987 г. была принята программа создания и внедрения атомных энерготехнологических комплексов на базе ВТГР для энерготехнологического применения, включающая:

Характеристики	ВГ-400	ВГМ (модульный)	ВГМ-П (модульный)
Тепловая мощность, МВт	1060	200	215
Назначение	Выработка тепла для промышленных производств и эл/энергии (когенерация)	Выработка тепла для промышленных производств и эл/энергии (когенерация)	Выработка тепла и электроэнергии для НПЗ (когенерация)
Теплоноситель промконтура	Гелий	Гелий	Гелий
Температура гелия на выходе из активной зоны, °С	950	950	750
Статус	Тех. проект, 1987	Тех. проект, 1989	Тех. предлож., 1996



- * Теплоэнергоснабжение химического комплекса ПО «Полимир»
- ** Теплоснабжение производства минеральных удобрений
- *** Теплоэнергоснабжение нефтехимического комплекса ПО «Нижнекамскнефтехим»

Статус работ по ВТГР в России (продолжение)



- ❑ Реализация проектов ВТГР потребовала решения задачи разработки временной нормативной базы для рассмотрения проекта в Госатомнадзоре.
- ❑ Для согласования проекта реакторной установки с органами Государственного надзора в сфере атомной энергетики были разработаны и утверждены «Основные технические принципы обеспечения безопасности опытно-промышленной реакторной установки ВГМ» - ПБ ВГМ-89.
- ❑ За основу была принята существующая нормативная документация, отступления от которой обосновывались отдельными техническими решениями с учетом специфики ВТГР.

Статус работ по ВТГР в России (продолжение)

Стадия:

Разработка концепций и аванпроектов с выполнением НИР

Выполнение

ключевых НИОКР, разработка базовых компонентов

Демонстрационный блок, референтный для
коммерческих проектов

Коммерческий проект

Статус:

Выполнено

Выполнено

В процессе инициации
замысла

Маркетинг

Принципиальным является установление партнёрских отношений с представителями промышленности для участия в определении требований к энерготехнологической станции с ВТГР и дальнейших разработках.

Предложения по приоритетам внедрения ВТГР

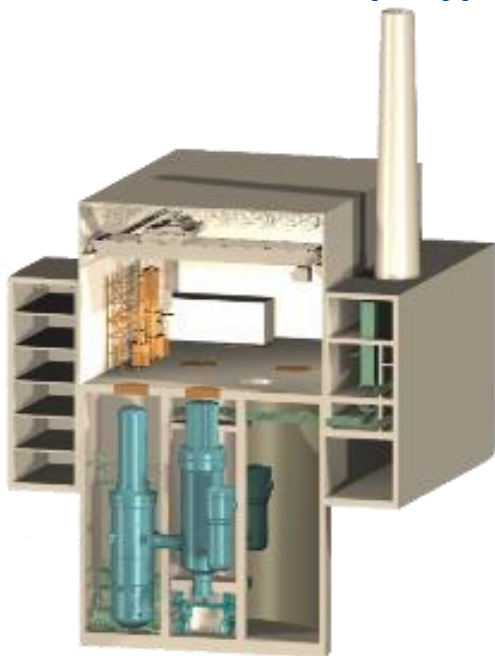
- ❖ Выбор приоритетов замещения углеводородов в «неэлектрической» сфере в разных странах зависит, в том числе, от природных и экономических условий.
- ❖ Для условий России приоритетами могут быть технологии производства водорода, снабжения теплом процесса добычи высоковязкой нефти и её подземной переработки, нефтехимия и нефтепереработка, переработка угля в жидкое топливо или газ. Замещение углеводородов как топлива, расширяет использование их для производства продукции с высокой добавленной стоимостью, повышает возможности для экспорта.
- ❖ Рост производства высококачественной продукции нефтепереработки и нефтехимии, синтеза аммиака требует увеличения потребления водорода. Развитие производства водорода лежит в русле предыдущих работ по советской программе атомно-водородной энергетике.
- ❖ Спрос на водород стабильно растёт на 4% в год [3].
- ❖ **Крупномасштабное производство товарного водорода возможно обеспечить на основе технологии высокотемпературных реакторов.**

[3] Market Research Report on Global Hydrogen Consumption 2016, QYR Chemical & Material Research Center

Варианты применения ВТГР

Производство водорода

- ❖ В рамках проекта атомной энерготехнологической станции с ВТГР МГР-Т были рассмотрены варианты производства водорода путем паровой конверсии метана, высокотемпературного электролиза воды и термохимического разложения воды.



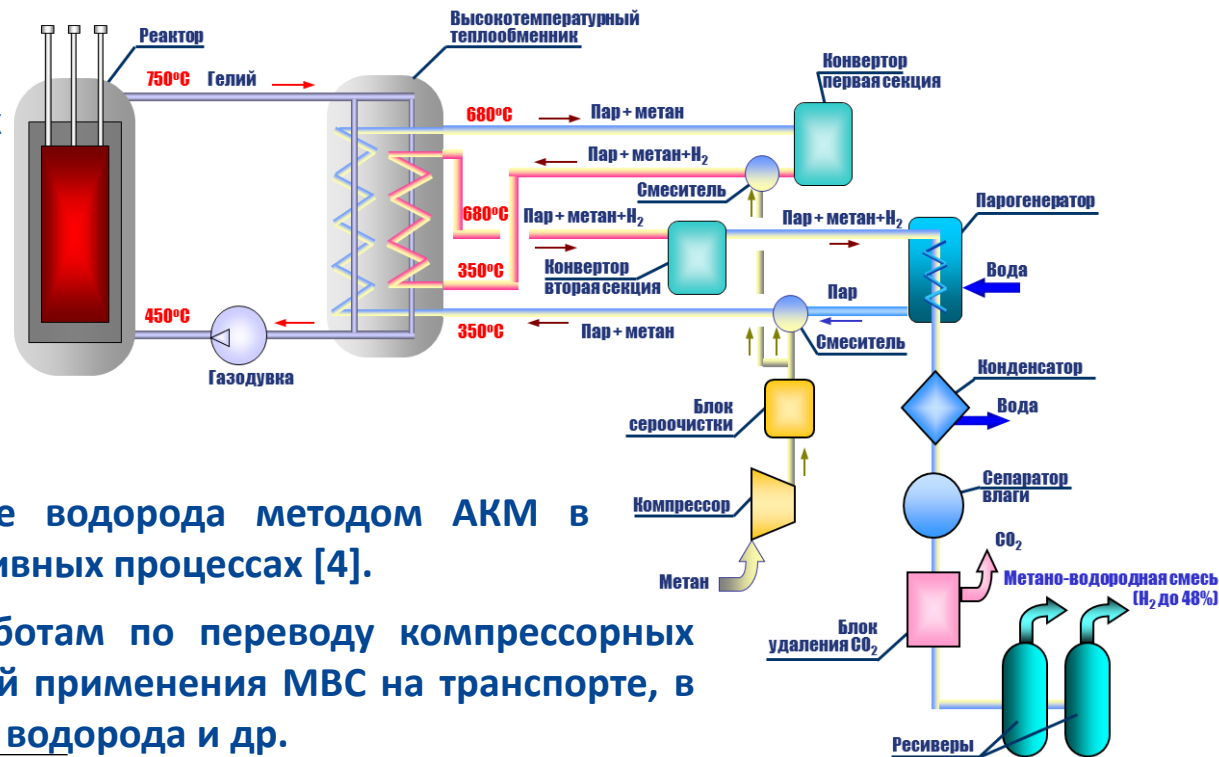
Характеристика	Вариант исполнения		
	Паровая конверсия метана	Высокотемпературный электролиз	Термохимическое разложение воды
Мощность установки: - тепловая мощность, МВт(т); - электрическая мощность, МВт(э); - тепловая мощность, передаваемая в ХТЧ, МВт(т)	600 205,5 160	600 205,5 160	600 181,5 211
Температура на выходе из реактора, °С	800-850	800-850	900
Годовой отпуск продукции: - водород, тыс.т; - электроэнергия, млн.кВт.ч - тепло, тыс. Гкал	100 5302,1 6688	54 0 2752	15 5168,0 0

- ❖ Наибольшую производительность показывает процесс производства водорода путём паровой конверсии метана, при этом половина водорода извлекается из воды. В остальных вариантах водород полностью получается из воды.

Варианты применения ВТГР

Производство метан-водородной смеси

- ❖ В России в рамках работ по атомно-водородной энергетике разработана и апробирована технология производства водорода методом адиабатической конверсии метана (АКМ) на базе отработанных промышленных технологий, процессов и катализаторов. Содержание водорода в метано-водородной смеси (МВС) достигает до 48 % и далее водород может быть выделен из смеси, например, по мембранной технологии или сорбцией.
- ❖ Процесс производства водорода методом АКМ происходит при более низких максимальных температурах.
- ❖ Эффект применения МВС связан со снижением расхода углеводородного топлива.
- ❖ Общие затраты на получение водорода методом АКМ в 3-4 раза ниже, чем в альтернативных процессах [4].
- ❖ АО«Газпром» приступил к работам по переводу компрессорных станций на МВС с перспективой применения МВС на транспорте, в энергетике, поставок товарного водорода и др.



[4] Презентация А.Я. Столяревского: «МВС для Подземгазпрома» в рамках работ по инновациям «Газпрома» в сфере экологической безопасности и рационального природоиспользования, 13.03.2013 г.

Варианты применения ВТГР

Дальний транспорт тепла

- ❖ Сохранение стабильного уровня добычи нефти в России может быть обеспечено:
 - ✓ Увеличением добычи высоковязкой нефти и трудноизвлекаемой нефти в регионах с развитой инфраструктурой (Западная Сибирь, Волго-Уральский и Тимано-Печерский регионы) – запасы нефти до 70 млрд. тонн [5].
- ❖ Добыча высоковязкой нефти и её переработка характеризуются высоким энергопотреблением, которое может в 10 раз и более превышать аналогичный показатель для легкой нефти. При этом, при тепловом способе добычи для извлечения 1 тонны нефти необходимо сжечь 290 кг нефтяного эквивалента [6].
- ❖ С учетом значительной протяженности месторождений предлагается использовать ВТГР с системой дальнего транспорта тепла в химически связанном виде при температуре окружающей среды. Подобная схема может быть использована для обеспечения теплом процессов первичной переработки нефти и нефтехимических производств с отдельным размещением ВТГР и потребителя.
- ❖ Перспективным представляется использование пара суперкритических параметров (давление и температура более 22 МПа и 374 °С, соответственно) для добычи высоковязкой нефти и подземной её переработкой в пласте. [7]

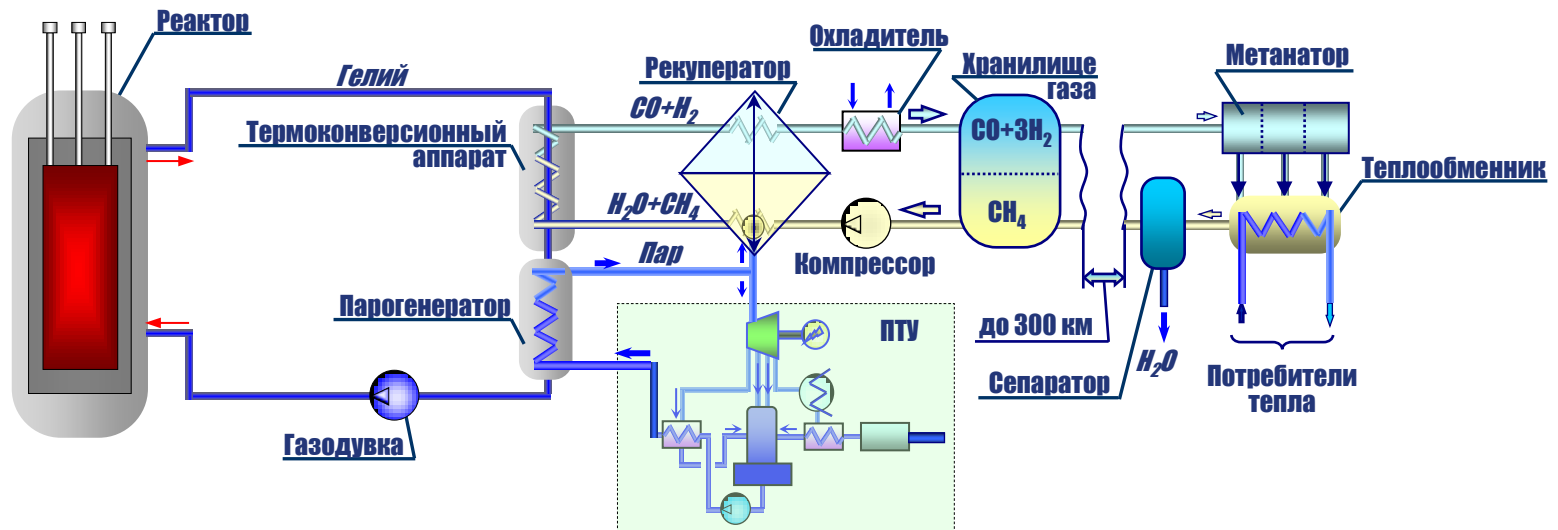
[5] А.Т. Зарипов, С.Н. Иббатулина, И.Ф. Гадельщина «Освоение залежей высоковязких нефтей отложений Шешминского горизонта», журнал Нефть и жизнь, №3 (47), 2009, с.40

[6] Ovalles, C.; Rivero, V.; Salazar, A., Downhole Upgrading of Orinoco Basin Extra-Heavy Crude Oil Using Hydrogen Donors under Steam Injection Conditions, Catalysts 2015,5,286-297

[7] fluidolit.ucoz.ru (http://fluidolit.ucoz.ru/publ/publikacii/sverkhkriticheskaja_voda/2-1-0-7, от 14.09.2013)

Варианты применения ВТГР

- Вариант дальнего транспорта тепла с применением ВТГР использует обратимые химические реакции.[8] Тепло от ВТГР обеспечивает паровую конверсию метана с образованием синтез газа, который охлаждается и транспортируется к месту использования. В метанаторе происходит обратная химическая реакция с выделением тепла с температурой до 800С, которое используется для производства пара или нагрева технологических сред. Полученный метан отделяется от воды и направляется обратно, отсепарированная вода направляется в систему водоподготовки и далее в парогенератор, пар используется для конверсии метана и выработки электроэнергии.
- [8]Ю.И.Крякин,Дальнее атомное теплоснабжение-вторая главная задача ядерной энергетики России 21 века?,Электронный журнал«Экологические системы»,№9,сентябрь 2008.



Заключение

- 1.Складывающиеся энергетические и экологические вызовы возможно преодолеть применением атомной энергии в новой для неё сфере энергоёмких технологий и производства энергоносителей-водорода с использованием высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов(ВТГР).
- 2.Потенциал внедрения ВТГР в энерготехнологии не уступает по масштабу использования атомной энергии в электроэнергетике.
- 3.ВТГР является инновационной реакторной технологией с точки зрения коммерческого использования.На основе существующих ключевых технологий ВТГР может быть создан референтный энерготехнологический блок с участием заинтересованных сторон, интегрированный с опытными технологическими установками.
- 4.На основе предложений заинтересованных сторон будет возможно выработать программу действий и принципиальный облик атомного энергоисточника с ВТГР.
- 5.Международное сотрудничество будет способствовать снижению рисков недостижения результата в инновационных проектах энерготехнологических комплексов с ВТГР.

Спасибо за внимание!

603074
Нижний Новгород,
Бурнаковский проезд,15

Тел. (831)275-40-76,
(831) 275-26-40
Факс (831) 241-87-72

okbm@okbm.nnov.ru
www.okbm.nnov.ru

