

УДК 621.039

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПАКТНЫХ ТОКАМАКОВ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА НЕЙТРОНОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ/Э.А. Азизов, Г.Г. Гладуш, В.Н. Докуча, Р.Р. Хайрутдинов, В.П. Смирнов, А.А. Гостев, А.В. Лопаткин, Н.А. Обишов. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, 2009, вып. 3, с. 3—9.

В статье анализируются различные направления исследований возможности использования компактных токамаков в качестве источника нейтронов. Расчеты основных параметров токамака с «теплыми» обмотками $R = 2$ и $A = 2$ показали, что на такой установке можно утилизировать отработавшее ядерное топливо с 10—15 реакторов типа ВВЭР-1000. Анализируются проекты демонстрационного варианта токамака-реактора уменьшенных размеров и пониженной стоимости с «теплыми» или сверхпроводящими обмотками. Показано, что в этих случаях возможно получение плотностей потоков нейтронов на blanket, позволяющих решить научно-технические проблемы разработки реактора-токамака для промышленного использования в атомной энергетике (2 рис., 4 табл., список лит. — 30 назв.).

УДК 621.039.531:546.881

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ИОНАМИ Ag^+ , C^+ , N^+ НА СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ СПЛАВОВ V—Ga/Л.С. Данелян, С.Н. Коршунов, А.Н. Мансурова, В.В. Затёкин, В.С. Куликаускас, И.В. Боровицкая, Л.И. Иванов, В.В. Парамонова. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, 2009, вып. 3, с. 10—15.

Исследованы сплавы ванадия V—5Ga—6Cr и V—5Ga—0,05Ce, облучённые ионами Ag^+ , C^+ и N^+ с энергией 20 кэВ. Эффект облучения ионами Ag^+ и N^+ состоит в упрочнении поверхностных слоёв образцов, толщина которых превышает значение проективного пробега этих ионов (16,4 и 32,8 нм соответственно) в ванадии более, чем на два порядка величины. Экспериментально определённая глубина проникновения ионов аргона не превышает 70 нм. Облучённая ионами Ag^+ сторона образца имеет преимущественную ориентацию кристаллитов по плоскостям (200) и (211), тогда как необлучённый образец — по плоскости (110). Параметр решётки облучённого образца не изменяется по сравнению с параметром исходного образца. Обсуждаются возможные механизмы формирования глубоких модифицированных слоёв в процессе ионной бомбардировки (4 рис., 2 табл., список лит. — 17 назв.).

УДК 621.039.6

К ПРОБЛЕМЕ ВЫБОРА СТАЛЕЙ ДЛЯ РЕАКТОРА ДЕМО/Т.Н. Компаниец. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, 2009, вып. 3, с. 16—24.

В статье рассматриваются две из многочисленных проблем, которые возникли при выборе сталей для реактора ДЕМО. Прежде всего это необходимость использовать малоактивируемые материалы, что накладывает серьёзные ограничения на элементный и изотопный состав сталей. Вторая, но не менее важная проблема связана с большим ожидаемым накоплением изотопов водорода и гелия, которые могут привести к нежелательному изменению физико-механических свойств стали (11 рис., список лит. — 28 назв.).

УДК 541.183.56,546.26' 21' 11.02.2

ЗАХВАТ И УДЕРЖАНИЕ КИСЛОРОДА И ДЕЙТЕРИЯ В УГЛЕГРАФИТОВОМ КОМПОЗИТЕ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ В ДЕЙТЕРИЕВОЙ ПЛАЗМЕ С ПРИМЕСЬЮ КИСЛОРОДА/А.А. Айрапетов, Л.Б. Беграббеков, С.В. Вергазов, А.М. Захаров, А.А. Кузьмин, Я.А. Садовский, П.А. Шигин. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, 2009, вып. 3, с. 25—29.

Изучался захват кислорода и дейтерия в углеграфитовом композите при облучении дейтериевой плазмой с примесью кислорода. Количества захваченных газов и особенности их десорбции определялись методом термодесорбционной спектрометрии. Исследован захват кислорода и дейтерия в зависимости от энергии облучающих ионов в диапазоне от тепловых до 800 эВ/ат., концентрации кислорода в плазме разряда в диапазоне от 0,5 до 6,5%, дозы облучения, а также от степени развитости рельефа поверхности образца. Показано, что захват дейтерия зависит от концентрации кислорода в плазме, при этом максимальный уровень захвата превышает захват из чисто дейтериевой плазмы примерно в шесть раз и наблюдается при концентрации кислорода в плазме около 2%. Предложено качественное объяснение наблюдаемых явлений (7 рис., список лит. — 2 назв.).

УДК 541.183.56,546.02.11

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАХВАТА И УДЕРЖАНИЯ ИЗОТОПОВ ВОДОРОДА В ТАЙЛАХ ТОКАМАКА TORE SUPRA/А.А. Кузьмин, А.А. Айрапетов, Л.Б. Беграббеков, П.А. Шигин. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, 2009, вып. 3, с. 30—34.

В работе был проведён анализ захвата и удержания изотопов водорода в тайлах токамака Tore Supra, работавших в качестве элементов первой стенки, методом термодесорбционной спектрометрии. Плотность потока ионов на тайлы равнялась $(1-2)10^{19}$ ат./ $(с\cdot м^2)$, энергия бомбардирующих ионов была порядка 100 эВ, внедрённая доза дейтерия составляла величину $\sim 5\cdot 10^{23}$ ат./ $м^2$. Температура поверхности тайлов достигала 500—600 К. В работе показано, что основная часть дейтерия захвачена в приповерхностных областях тайлов, в том числе в перенапылённых слоях. Для захвата в поверхностном слое было получено соответственно для дейтерия и водорода: $1,5\cdot 10^{22}$ и $0,4\cdot 10^{22}$ ат./ $м^2$. Для захвата в объёме тайлов получены значения $8,8\cdot 10^{20}$ и $1,3\cdot 10^{22}$ ат./ $м^3$ (6 рис., 2 табл., список лит. — 4 назв.).

УДК.533.924

ЗАХВАТ ИЗОТОПОВ ВОДОРОДА В ГРАФИТЕ МПГ-8/Н.П. Бобырь, А.В. Спицын. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, 2009, вып. 3, с. 35—38.

В работе описаны исследования взаимодействия молекулярного дейтерия с графитом МПГ-8 при различной температуре графита, проведённые на установке AtlaN, представляющей высоковакуумную камеру с автоматизированной системой напуска газа, измерения давления и состава газа. Разработана методика, позволяющая проводить исследования взаимодействия газа с углеродными материалами при температуре от 290 до 600 К. Проведены исследования сорбции и десорбции молекулярного дейтерия графитом МПГ-8 при секундном времени насыщения. Определена энергия активации процесса, приводящего к задержке дейтерия в графите, $E_a = 6,5$ кДж/моль (3 рис., список лит. — 5 назв.).

УДК 621.039.623:634:539.4.001.2:661.666

МОДЕЛЬ ПЕРВОЙ СТЕНКИ ДЛЯ РЕКОНСТРУИРУЕМОГО ТОКАМАКА Т-15 С ГРАФИТОВЫМИ ПЛИТКАМИ. ДАННЫЕ ТЕРМОПРОЧНОСТНОГО РАСЧЁТА/А.В. Клищенко. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, 2009, вып. 3, с. 39—42.

Предложена конструкция первой стенки для реконструируемого токамака Т-15. Проведена серия термочностных расчётов для двух вариантов охлаждения графитовых плиток. Сопоставление результатов расчетов выявляет предпочтительный вариант охлаждения графитовых плиток путём теплового переизлучения на поверхность охлаждаемой водой стенки (16 рис., 2 табл., список лит. — 2 назв.).

УДК 621.762.2:537.525.5

ОБРАЗОВАНИЕ ПЫЛИ В ТОКАМАКЕ/Ю.В. Мартыненко, М.Ю. Нагель. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, 2009, вып. 3, с. 43—48.

Изучены потоки заряда и энергии на наночастицу в плазме. При температуре наночастицы T_p , когда важна термоэлектронная эмиссия, для нахождения потенциала частицы и её температуры T_p решена самосогласованно система уравнений баланса потоков энергии и заряда на частицу. Показано, что при степени ионизации плазмы больше критической потенциал частицы становится положительным, а её температура больше температуры ионов и нейтралов. Рассмотрено образование частиц пыли при конденсации пара в периферийных областях токамака с учетом различия температур частицы и пара. Кроме того, поток атомов пара на частицу описывается в баллистическом, а не в диффузионном режиме, поскольку размер частиц много меньше длины пробега атомов пара и буферного газа в периферийной плазме токамака. Показано, что при обычных параметрах периферийной плазмы нет условий для образования пыли путём конденсации (5 рис., список лит. — 16 назв.).

УДК 621.039

АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ТЕМАТИКИ «ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИЗОТОПОВ ВОДОРОДА С КОНСТРУКЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ»/А.А. Юхимчук. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, 2009, вып. 3, с. 49—55.

Рассмотрены актуальные задачи, связанные с взаимодействием изотопов водорода с материалами ядерных реакторов (деления) нового поколения, термоядерных реакторов и установок водородной энергетики (2 рис., список лит. — 19 назв.).

УДК 65.011.5 + 543.544.25 + 621.039.3242

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДАЧИ ИЗОТОПОВ ВОДОРОДА ПО ЗАДАННОМУ ЗАКОНУ ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ/ С.В. Ф и л ь ч а г и н, А. Ю. Б а у р и н, Ю.И. В и н о г р а д о в. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, 2009, вып. 3, с. 56—60.

В работе описана система управления стендом для автоматической подачи изотопов водорода (ИВ) в камеры высокого давления. Система позволяет проводить напуск ИВ по заранее заданному закону изменения давления. Описан принцип регулирования температуры металлгидридного источника ИВ с обратной связью по давлению. Приведены результаты отработки режима стабилизации давления и режима линейного изменения давления при наполнении камеры (9 рис., список лит. — 3 назв.).

УДК 66.074.7.099.2:546.11

РАЗДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПОВ ВОДОРОДА НА Pd-СОДЕРЖАЩЕМ СОРБЕНТЕ/ А.В. Б у ч и р и н, А.Н. Г о л у б к о в. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, 2009, вып. 3, с. 61—63.

В работе кратко рассмотрен принцип работы лабораторного стенда, предназначенного для разделения изотопов водорода (ИВ) методом замещающей газовой хроматографии. Сорбент, используемый в работе стенда, был изготовлен на основе палладиевой черни (75% мас.) с добавлением порошка алюминия. Представлены зависимости чистоты извлекаемого дейтерия от степени извлечения его из исходной смеси как при различных температурах разделительной колонны, так и различных начальных концентрациях дейтерия в смеси (4 рис., список лит. — 3 назв.).

УДК 533.9:519.688

МОДУЛЬ «DINA-EqDsk» (МОДУЛЬ БИБЛИОТЕКИ ПРОГРАММ «ВИРТУАЛЬНЫЙ ТОКАМАК»)/ В.Э. Л у к а ш, Р.Р. Х а й р у т д и н о в. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, 2009, вып. 3, с. 64—66.

В статье описывается один из модулей библиотеки «Виртуальный токамак» — стандартная программа «DINA-EqDsk» для расчёта магнитных полей и силовых нагрузок в полоидальных катушках токамака при условии использования для определения равновесия плазмы международного стандарта «EqDsk.file» (1 рис., список лит. — 10 назв.).

УДК 533.9:519.688

НОВАЯ ВЕРСИЯ КОДА «ТОКАМЕQ» ДЛЯ РАСЧЁТА КОНФИГУРАЦИЙ С ПРОИЗВОЛЬНЫМ ПРОФИЛЕМ ТОКА И РАСШИРЕННЫМ ДИВЕРТОРОМ (МОДУЛЬ БИБЛИОТЕКИ ПРОГРАММ «ВИРТУАЛЬНЫЙ ТОКАМАК»)/Д. Ю. Сычугов. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, 2009, вып. 3, с. 67—69.

В статье приводится описание новой версии стандартного кода «ТОКАМЕQ» (ТОКАМаk EQuilibrium) для расчёта МГД-равновесия плазменного шнура в установках токамак. Данный код является одним из модулей библиотеки программ «Виртуальный токамак». Новая версия кода позволяет проводить вычисления с любым профилем тока в плазме, а также вносить проводники с внешними токами в счётную область. В результате проведённых усовершенствований стал возможен расчёт конструкций с расширенным дивертором (3 рис., список лит. — 7 назв.).

УДК 621.039.6,621.039.68,621.039.584

3-е ТЕХНИЧЕСКОЕ СОВЕЩАНИЕ МАГАТЭ ПО ПЕРВОМУ ПОКОЛЕНИЮ ТЕРМОЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК: ПРОЕКТЫ И ТЕХНОЛОГИЯ (ВЕНА, 13—15 ИЮЛЯ 2009 г.) и 9-е ТЕХНИЧЕСКОЕ СОВЕЩАНИЕ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРМОЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК (ВЕНА, 15—17 ИЮЛЯ 2009 г.)/Б.Н. Колбасов. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, 2009, вып. 3, с. 70—78.

Даётся обзор наиболее интересных докладов, представленных на 3-м техническом совещании МАГАТЭ по первому поколению термоядерных энергетических установок (ТЭУ): проекты и технология и 9-м техническом совещании МАГАТЭ по безопасности ТЭУ. Приводятся изменения в Предварительном отчёте по безопасности ИТЭР, отражающие требования французских надзорных органов по представлению дополнительных данных, подтверждающих безопасность ИТЭР. Кратко излагаются японская концепция гибридного реактора, перерабатывающего с помощью ТЭУ биомассу в дизельное топливо, и китайская программа развития ядерной и термоядерной энергетики (8 рис., список лит. — 17 назв.).