

ИЗУЧЕНИЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, ЕЁ ТЕРМИНОВ, СТРУКТУРЫ И ПРИМЕНЕНИЯ

Соколова Н.А., Москалёв П.А.
Сибирский федеральный университет

КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ

Работа посвящена исследованию и диагностике атомной энергетики, её терминов и применения. Данная работа поможет расширить знания в области физики, а именно атомной энергетике, которая позволяет провести огромные исследования в своём разделе. В работе вы можете больше узнать об атомной энергетике, а именно об её главных составляющих частях. Проведённые исследования в данной теме позволяют говорить об атомной энергетике как о мощном источнике энергии, так же в работе будут приведены примеры приборов, которые вырабатывают атомную энергию. В научно-исследовательской работе будет доказано, что атомная энергетика нужна человеку в настоящем и будущем, как неисчерпаемый источник тепла и света.

ЦЕЛЬ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Более подробно узнать об атомной энергетике, её применения в жизни человечества, основного строения и пояснить некоторые термины атомной энергетике. В течении работы я попытаюсь рассмотреть все возникающие вопросы у мира людей и экологии. В заключении работы я попытаюсь обобщить весь материал работы и сделать грамотный вывод из своей работы.

ЗАДАЧИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

1. Описание атомной энергетике.
2. Атомная энергетика- это вред человечеству или польза?
3. Атомная энергетика- перспективная отрасль?
4. Нужна ли миру атомная энергетика?
5. Современное использование атомной энергетике.
6. Экология и атом.
- 7.

ПРОБЛЕМЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

1. Существование атомной энергетике.
2. Основа атомной энергетике.
3. Приборы, вырабатывающие атомную энергетике.
4. Предотвращение вреда, наносимого атомной энергетикой.

«АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА - ПЕРСПЕКТИВНАЯ ОТРАСЛЬ.

В ней экология и экономика идут рука об руку.»

Роберт Нигматулин.

ВВЕДЕНИЕ

Энергетика- важнейшая отрасль народного хозяйства, охватывающая энергетические ресурсы, выработку, преобразование, передачу и использование различных видов энергии. Это основа экономики государства. Развитие человеческого

общества неразрывно связано с использованием природных ресурсов нашей планеты, с потреблением энергии во все возрастающих масштабах. Но большинство ресурсов не возобновляется, по крайней мере, в заметных количествах. Это повышает ответственность людей перед грядущими поколениями за бережное и рациональное использование ресурсов планеты, возможно меньшее загрязнение ее всевозможными отходами. Развитие атомной энергетики зависит от уровня общемировых энергетических потребностей. Доля общего производства энергии, которую можно обеспечить за счет атомной энергетики, зависит от приемлемых для промышленного использования природных запасов традиционных основных источников энергии (угля, нефти, газа) и эффективности использования возобновляемых источников энергии, в особенности солнечной энергии.

Атомная энергетика (ядерная техника)- область техники, основанная на использовании реакции деления атомных ядер для выработки теплоты и производства электроэнергии. В 1990 году атомными электростанциями (АЭС) мира производилось 16% электроэнергии. Такие электростанции работали в 31 стране и строились еще в 6 странах. Ядерный сектор энергетики наиболее значителен во Франции, Бельгии, Финляндии, Швеции, Болгарии и Швейцарии, т.е. в тех промышленно развитых странах, где недостаточно природных энергоресурсов. Эти страны производят от четверти до половины своей электроэнергии на АЭС. США производят на АЭС только восьмую часть своей электроэнергии, но это составляет около одной пятой ее мирового производства.

Атомная энергетика- это сложное производство, включающее множество промышленных процессов, которые вместе образуют топливный цикл. Существуют разные типы топливных циклов, зависящие от типа реактора и от того, как протекает конечная стадия цикла.

Глава 1. Основные сведения об атомной энергетике

1.1. Особенности атомной энергетики

Энергия - это главная основа основ. Всё лучшее цивилизации, все материальные сферы деятельности человека- от стирки белья до исследования Луны и Марса - требуют расхода энергии. И чем дальше, тем больше для людей (Земли).

На сегодняшний день энергия атома широко используется во многих отраслях экономики. Строятся мощные подводные лодки и надводные корабли с ядерными энергетическими установками. С помощью мирного атома осуществляется поиск полезных ископаемых. Массовое применение в биологии, сельском хозяйстве, медицине, в освоении космоса нашли радиоактивные изотопы.

Значение атомных электростанций в энергобалансе любой страны трудно переоценить. Гидроэнергетика требует создания крупных водохранилищ, под которые затопляются большие площади плодородных земель. Вода в них застаивается и теряет свое качество, что, в свою очередь, обостряет проблемы водоснабжения, рыбного хозяйства и индустрии досуга.

Теплоэнергетические станции в наибольшей степени способствуют разрушению биосферы и природной среды Земли. Они уже израсходовали десятки тонн органического топлива (угля). Для его добычи в сельском хозяйстве и других сферах экономики изымаются огромные земельные площади. В местах открытой добычи угля образуются «лунные ландшафты», а повышенное содержание золы в топливе является основной причиной выброса в воздух десятков миллионов тонн SO_2 . Тепловые энергетические установки во всем мире выбрасывают в атмосферу за год до 250 млн тонн золы и около 60 млн тонн сернистого ангидрида.

Атомные электростанции (АЭС) – это третий «кит» в системе современной мировой энергетики. Техническая обеспеченность АЭС, бесспорно, являются крупнейшим достижением научно-технического прогресса (НТП). В случае их безаварийной работы не производится практически никакого загрязнения окружающей среды, кроме теплового. Правда в результате работы АЭС (и предприятий атомного топливного цикла) образуются радиоактивные отходы, представляющие потенциальную опасность для всего живого. Обнадеживает тот факт, что объем радиоактивных отходов довольно мал, они весьма компактны, и их можно хранить в таких условиях, которые гарантируют отсутствие утечки. АЭС много экономичнее обычных тепловых электростанций, а, самое главное, при их правильной эксплуатации – это чистые источники энергии.

Вместе с тем, развивая ядерную энергетику в интересах экономики, нельзя забывать и о безопасности и здоровье людей, так как ошибки могут привести к катастрофическим последствиям. Всего с момента начала эксплуатации атомных станций в 14 странах мира произошло более 150 инцидентов и аварий различной степени сложности. Наиболее характерные из них: в 1957 г. – в Уиндскейле (Англия), в 1959 г. – в Санта-Сюзанне (США), в 1961 г. – в Айдахо-Фолсе (США), в 1979 г. – на АЭС Три-Майл-Айленд (США), в 1986 г. – на Чернобыльской АЭС (бывший СССР, сейчас Украина).

1.2 Средства атомной энергетики

Естественным и немаловажным представляется вопрос о средствах (ресурсах) самого ядерного топлива. Достаточны ли его запасы, чтобы обеспечить широкое развитие ядерной энергетики? По примерным данным, на всем земном шаре в месторождениях, пригодных для разработки, имеется несколько миллионов тонн урана. Это довольно много, но необходимо также учитывать, что в получивших в настоящее время широкое распространение АЭС с реакторами на тепловых нейтронах лишь очень небольшая часть урана (около 1%) используется для выработки энергии. Поэтому при специализации только на реакторах с тепловыми нейтронами, ядерная энергетика по соотношению ресурсов не так уж много может добавить к обычной энергетике – всего лишь около 10%. Глобального решения надвигающейся проблемы энергетического голода не получается.

Совсем иные перспективы появляются в случае применения АЭС с реакторами на быстрых нейтронах, в которых используются практически весь добываемый уран. Это означает, что объем потенциальных ресурсов ядерной энергетики с реакторами на быстрых нейтронах примерно в 10 раз больше чем в традиционной (на органическом топливе). Более того, при полном использовании урана становится рентабельной его добыча в месторождениях с малой его концентрацией. А это в конечном счете означает практически неограниченное (по современным масштабам) расширение потенциальных сырьевых ресурсов ядерной энергетики.

Итак, применение реакторов на быстрых нейтронах значительно расширяет топливную базу ядерной энергетики. Однако может возникнуть вопрос: если реакторы на быстрых нейтронах так хороши, и существенно превосходят реакторы на тепловых нейтронах по эффективности использования урана, то почему последние вообще строятся? Почему бы с самого начала не развивать ядерную энергетику на основе реакторов на быстрых нейтронах? Прежде всего, следует сказать, что на первом этапе развития ядерной энергетики, когда суммарная мощность АЭС была мала, а ресурсов было достаточно, вопрос об их воспроизводстве не стоял так остро. Поэтому основное преимущество реакторов на быстрых нейтронах – большой коэффициент воспроизводства – еще не являлся решающим.

В то же время вначале реакторы на быстрых нейтронах оказались не готовыми к внедрению. Дело в том, что при своей кажущейся относительной простоте (отсутствие замедлителя) они технически более сложны, чем реакторы на тепловых нейтронах.

Для их создания необходимо было решить ряд серьезных проблем, что потребовало продолжительного времени. Эти проблемы связаны в основном с особенностями использования ядерного топлива, которые, как и способность к воспроизводству, по-разному проявляются в реакторах различного типа. Однако в отличие от последней эти особенности сказываются более благоприятно в реакторах на тепловых нейтронах. Первая из этих особенностей заключается в том, что ядерное топливо не может быть израсходовано в реакторе полностью, как расходуется обычное химическое топливо. Последнее, как правило, сжигается в топке до конца. Возможность протекания химической реакции практически не зависит от количества вступающего в реакцию вещества. Цепной ядерной реакцией не происходит, если количество топлива в реакторе меньше определенного значения, называемого критической массой.

Уран (плутоний) в количестве, составляющем критическую массу, не является топливом в собственном смысле этого слова. Он на время как бы превращается в некоторое инертное вещество наподобие железа или других конструкционных материалов, находящихся в реакторе. Выгорать может лишь та часть топлива, которая загружается в реактор сверх критической массы. Таким образом, ядерное топливо в количестве, равном критической массе, служит своеобразным катализатором процесса, обеспечивает возможность протекания реакции, не участвуя в ней.

Естественно, что топливо в количестве, составляющем критическую массу, физически неотделимо в реакторе от выгорающего топлива. В тепловыделяющихся элементах, загружаемых в реактор, с самого начала помещается топливо, как для создания критической массы, так и для выгорания. Значение критической массы неодинаково для различных реакторов и в общем случае относительно велико.

Так, для серийного отечественного энергетического блока с реактором на тепловых нейтронах ВВЭР-440 (водяной энергетический реактор мощностью 440 МВт) критическая масса уран-235 составляет 700 кг. Это соответствует 2 млн. тонн угля. Иными словами, применительно к электростанции на угле той же мощности это означает обязательное наличие при ней такого довольно значительного количества неприкосновенного запаса угля. Ни один килограмм из этого запаса не расходуется и не может быть израсходован, однако без него электростанция работать не может.

Наличие такого крупного количества "замороженного" топлива, хотя и сказывается отрицательно на экономических показателях, но в силу реально сложившегося соотношения затрат для реакторов на тепловых нейтронах оказывается не слишком обременительным. В случае же реакторов на быстрых нейтронах с этим приходится считаться более серьезно.

Реакторы на быстрых нейтронах обладают существенно большей критической массой по сравнению с реакторами на тепловых нейтронах (при заданных размерах реактора). Это объясняется тем, что быстрые нейтроны при взаимодействии со средой оказываются более "инертными", чем тепловые. В частности, вероятность вызвать деление атома топлива (на единицы длины пути) для них в сотни раз меньше, чем для тепловых. Для того, чтобы быстрые нейтроны не вылетали без взаимодействия за пределы реактора и не терялись, их "инертность" необходимо компенсировать увеличением количества закладываемого топлива с соответствующим возрастанием критической массы.

Чтобы реакторы на быстрых нейтронах не проигрывали по сравнению с реакторами на тепловых нейтронах, необходимо повышать мощность, развиваемую при заданных размерах реактора. В таком случае количество "замороженного" топлива на единицу мощности будет уменьшаться. Достижение высокой плотности тепловыделения в реакторе на быстрых нейтронах и явилось главной задачей новых электростанций.

Следует заметить, что сама по себе мощность непосредственно не связана с количеством топлива, находящегося в реакторе. Если это количество превышает критическую массу, то в нем за счет созданной нестационарности цепной реакции

можно развить любую требуемую мощность. Вопрос заключается в том, чтобы обеспечить достаточно интенсивный теплоотвод из реактора. Речь идет именно о повышении плотности тепловыделения, ибо увеличение, например, размеров реактора, способствующее увеличению теплоотвода, неизбежно влечет за собой и увеличение критической массы, т.е. не решает задачи.

Положение осложняется еще и тем, что для теплоотвода из реактора на быстрых нейтронах такой привычный и хорошо освоенный теплоноситель, как обычная вода, не подходит в силу своих ядерных свойств. Она, как известно, замедляет нейтроны и, следовательно, понижает коэффициент воспроизводства. Газовые теплоносители (гелий и другие) обладают в данном случае приемлемыми ядерными параметрами. Однако требования интенсивного теплоотвода приводят к необходимости использовать газ при высоких давлениях (примерно $1,5 \cdot 10^7$ Па), что вызывает соответствующие технические трудности.

В качестве теплоносителя для теплоотвода из реакторов на быстрых нейтронах был выбран обладающий прекрасными теплофизическими и ядерно-физическими свойствами расплавленный натрий. Он позволил решить поставленную задачу достижения высокой плотности тепловыделения.

Следует указать, что в свое время выбор "экзотического" натрия казался очень смелым решением. Не было никакого не только промышленного, но и лабораторного опыта его использования в качестве теплоносителя. Вызывала серьезные опасения высокая химическая активность натрия при взаимодействии с водой, а также с кислородом воздуха, которая, как представлялось, могла весьма неблагоприятно проявиться в аварийных ситуациях.

Потребовалось проведение большого комплекса научно-технических исследований и разработок, сооружение стендов и специальных экспериментальных реакторов на быстрых нейтронах, для того, чтобы убедиться в хороших технологических и эксплуатационных свойствах натриевого теплоносителя. Как было при этом показано, необходимая высокая степень безопасности обеспечивается следующими мерами:

- во-первых, тщательностью изготовления и контроля качества всего оборудования, соприкасающегося с натрием;
- во-вторых, созданием дополнительных страховочных кожухов на случай аварийной протечки натрия;
- в-третьих, использованием чувствительных индикаторов течи, позволяющих достаточно быстро регистрировать начало аварии и принимать меры к ее ограничению и ликвидации.

Кроме обязательного существования критической массы есть еще одна характерная особенность использования ядерного топлива, связанная с теми физическими условиями, в которых оно находится в реакторе. Под действием интенсивного ядерного излучения, высокой температуры и, в особенности, в результате накопления продуктов деления происходит постепенное ухудшение физико-математических, а также ядерно-физических свойств топливной композиции (смеси топлива и сырья). Топливо, образующее критическую массу, становится непригодным для дальнейшего использования. Его приходится периодически извлекать из реактора и заменять свежим. Извлеченное топливо для восстановления первоначальных свойств должно подвергаться регенерации. В общем случае- это трудоемкий, длительный и дорогостоящий процесс.

1.3 Ядерные реакции

Ядерные реакции- реакции превращения атомных ядер при взаимодействии с элементарными частицами, γ -квантами или друг с другом. Впервые начал изучать Эрнест Резерфорд в 1919 году.

Ядра водорода, протоны, а также нейтроны, электроны (бета-частицы) и одиночные ядра гелия (называемые альфа-частицами), могут существовать автономно вне ядерных структур. Такие ядра или иначе элементарные частицы, двигаясь в пространстве и приближаясь к ядрам на расстояния порядка поперечных размеров ядер, могут взаимодействовать с ядрами, как говорят участвовать в реакции. При этом частицы могут захватываться ядрами, либо после столкновения - менять направление движения, отдавать ядру часть кинетической энергии. Такие акты взаимодействия называются ядерными реакциями. Реакция без проникновения внутрь ядра называется упругим рассеянием.

После захвата частицы составное ядро находится в возбужденном состоянии. "Освободиться" от возбуждения ядро может несколькими способами - испустить какую-либо другую частицу и гамма-квант, либо разделиться на две неравные части. Соответственно конечным результатам различают реакции - захвата, неупругого рассеяния, деления, ядерного превращения с испусканием протона или альфа-частицы.

Дополнительная энергия, освобождаемая при ядерных превращениях, часто имеет вид потоков гамма-квантов.

Вероятность реакции характеризуется величиной "поперечного сечения" реакции данного типа.

1.4 Плюсы и минусы атомной энергетики

За 40 лет развития атомной энергетики в мире построено около 400 энергоблоков в 26 странах мира с суммарной энергетической мощностью около 300 млн. кВт.

Основными преимуществами атомной энергетики являются: высокая конечная рентабельность и отсутствие выбросов в атмосферу продуктов сгорания (с этой точки зрения она может рассматриваться как экологически чистая). Основными недостатками являются: потенциальная опасность радиоактивного заражения окружающей среды продуктами деления ядерного топлива при аварии (типа Чернобыльской или на американской станции Тримайл Айленд) и проблема переработки использованного ядерного топлива.

Остановимся сначала на преимуществах. Рентабельность атомной энергетики складывается из нескольких составляющих. Одна из них - независимость от транспортировки топлива. Если для электростанции мощностью 1 млн. кВт требуется в год около 2 млн. т.у.т. (или около 5 млн. низкосортного угля), то для блока ВВЭР-1000 понадобится доставить не более 30 т. обогащенного урана, что практически сводит к нулю расходы на перевозку топлива (на угольных станциях эти расходы составляют до 50% себестоимости). Использование ядерного топлива для производства энергии не требует кислорода и не сопровождается постоянным выбросом продуктов сгорания, что, соответственно, не потребует строительства сооружений для очистки выбросов в атмосферу. Города, находящиеся вблизи атомных станций, являются в основном экологически чистыми зелеными городами во всех странах мира, а если это не так, то это происходит из-за влияния других производств и объектов, расположенных на этой же территории. В этом отношении ТЭС дают совсем иную картину. Анализ экологической ситуации в России показывает, что на долю ТЭС приходится более 25% всех вредных выбросов в атмосферу. Около 60% выбросов ТЭС приходится на европейскую часть и Урал, где экологическая нагрузка существенно превышает предельную. Наиболее тяжелая экологическая ситуация сложилась в Уральском, Центральном и Поволжском районах, где нагрузки, создаваемые выпадением серы и азота, в некоторых местах превышают критические в 2-2,5 раза.

К недостаткам ядерной энергетики следует отнести потенциальную опасность радиоактивного заражения окружающей среды при тяжелых авариях типа

Чернобыльской. Сейчас на АЭС, использующих реакторы типа Чернобыльского (РБМК), приняты меры дополнительной безопасности, которые, по заключению МАГАТЭ (Международного агентства по атомной энергии), полностью исключают аварию подобной тяжести: по мере выработки проектного ресурса такие реакторы должны быть заменены реакторами нового поколения повышенной безопасности. Тем не менее в общественном мнении перелом по отношению к безопасному использованию атомной энергии произойдет, по-видимому, не скоро. Проблема утилизации радиоактивных отходов стоит очень остро для всего мирового сообщества. Сейчас уже существуют методы остекловывания, битумирования и цементирования радиоактивных отходов АЭС, но требуются территории для сооружения могильников, куда будут помещаться эти отходы на вечное хранение. Страны с малой территорией и большой плотностью населения испытывают серьезные трудности при решении этой проблемы.

Ядерная энергетика — очень молодая отрасль науки и техники. Первая в мире атомная электростанция (АЭС) в г. Обнинске Калужской области вошла в строй всего четверть века назад: 27 июня 1954 г. она выдала электрическую энергию в Московскую энергосеть. За это время ядерная энергетика выросла, возмужала и вышла на широкую дорогу промышленного производства электрической энергии во многих странах мира- Советском Союзе, США, Англии, Франции, Канаде, Италии, ФРГ, Японии, Швеции, Чехословакии, ГДР, Болгарии, Швейцарии, Испании, Индии, Пакистане, Аргентине и др.. |На январь 1981 г. во всем мире введено более 250 атомных электростанций (блоков) установленной мощностью около 140 млн. кВт. Ни одна отрасль техники не развивалась так быстро, как ядерная энергетика. Обычным электростанциям понадобилось 100 лет, чтобы достичь такого уровня инженерной техники и эксплуатации, какого достигла уже к 1975 г. ядерная энергетика.

Ученые-атомщики, руководители соответствующих фирм и ведомств по-разному представляют развитие ядерной энергетике, но в одном они сходятся: у нее хорошие перспективы и в недалеком будущем на какое-то время она станет одним из основных источников получения энергии, в том числе электрической. Предполагается, что уже в 1985 г. рост атомно-энергетических мощностей в мире достигнет 300 млн. кВт (некоторые эксперты считают эту цифру завышенной, учитывая энергетический кризис и некоторые политические обстоятельства). На X конгрессе Международной энергетической конференции в Стамбуле в сентябре 1977г. суммарная мощность АЭС в мире к 2000 г. определялась в 1300—1650 млн. кВт. По новым прогнозам зарубежных ученых, удельный вес мировой ядерной энергетике к 2009 г. достигнет 27—31% (и даже 42%) общей выработки электрической энергии в мире. Такому росту ядерной энергетике способствует ряд обстоятельств:

- с одной стороны- уменьшение природных запасов органического топлива (газа, нефти, а во многих экономических районах и угля), их повышенная сернистость, зольность, вызывающая загрязнение окружающей среды при сжигании этих видов топлива, резкое удорожание и сложность их добычи и т. д.,
- с другой- постоянный рост потребности человечества в топливе и электроэнергии. При истощении запасов органического топлива использование ядерного топлива (урана, тория и плутония)- пока единственный реальный путь надежного обеспечения человечества так необходимой ему энергией. Как известно, при делении ядер урана и плутония выделяется огромное количество энергии, использование которой позволяет создавать крупные АЭС промышленного типа.

Уран широко распространен в природе, но богатых по содержанию залежей урановых руд (как, скажем, железа или угля) нет. Промышленные урансодержащие руды имеют очень небольшую концентрацию: 0,1-0,5% и даже меньше 0,08-0,05%. Правда, встречаются богатые, уникальные месторождения с содержанием до 10%, но их очень мало и запасы урана в них сравнительно невелики. В земной коре урана

много, но он почти весь находится в рассеянном состоянии и не в собственно урановых, а в урансодержащих минералах, где он изоморфно замещает торий, цирконий, редкоземельные элементы. Уран содержится и в гранитах, и в базальтах, но концентрация его там настолько мала, что извлечение станет возможным только в очень отдаленном будущем. Однако эти микроколичества представляют собой грандиозную цифру: 300 тыс. Q ($=3 \cdot 10^{14}$ кВт-ч). По некоторым прогнозам, запасы урана и тория в земной коре могут обеспечить человечество энергией на протяжении 3 млрд. лет при ежегодном его потреблении.

Поиск урана, и, главное, определение его запасов как очень ценного и важного стратегического сырья проводится во многих странах мира. В капиталистических странах первые три места по запасам и содержанию урана в рудах занимают Канада, ЮАР и США. По добыче первое место занимают США, второе Канада, третье ЮАР. В природе есть один-единственный изотоп урана, который может поддерживать цепную реакцию деления ядра урана- это уран-235. В одном акте деления ядра урана выделяется энергия на один атом в 200 млн. раз большая, чем при любой химической реакции. Если бы все изотопы в 1г урана подверглись делению, то выделилась бы энергия в 20 млн. ккал, что соответствует 23 тыс. кВт-ч тепловой энергии. Однако в природном Уране очень трудно получить самоподдерживающуюся цепную реакцию деления, так как делящийся изотоп уран-235 в нем содержится в незначительном количестве- всего 0, 71%, а остальные 99, 29% составляет неделяющийся изотоп уран-238. Поэтому создаются специальные устройства- ядерные котлы, реакторы, в которых при определенных контролируемых условиях происходит самоподдерживающаяся цепная реакция деления ядер тяжелых элементов. Такие реакторы, имеющие в своем составе ядерное топливо (горючее), специальные виды замедлителя нейтронов, отражатель и охладитель, позволяют из неделящихся изотопов урана-238 или тория-232 получать делящиеся изотопы урана-233 и новый вид ядерного топлива- плутоний-239, которые затем могут быть использованы в качестве ядерного горючего.

Именно в образовании новых дополнительных количеств делящихся изотопов (а не только в израсходовании загруженного в реактор топлива) заключается исключительная ценность и специфическая особенность ядерного горючего. Кроме обычного воспроизводства, возможно так называемое расширенное, при котором образующегося ядерного горючего получается больше, чем его потребляется (отношение числа получающихся атомов делящегося вещества к числу потребленных называется коэффициентом воспроизводства). С помощью процесса воспроизводства ядерного горючего (за счет неделящихся изотопов урана или тория) можно во много раз увеличить мировые запасы ядерного горючего, что и пытаются осуществить введением в эксплуатацию реакторов на быстрых нейтронах.

Чтобы в системе, в данном случае в ядерном реакторе, содержащей делящиеся изотопы, например уран-235, могла поддерживаться цепная реакция, необходимо выполнение ряда условий.

- Во-первых, масса делящегося вещества должна быть не меньше критической, т. е. система должна содержать уран-235 в количестве, достаточном для того, чтобы в среднем один нейтрон из числа получающихся, при каждом акте деления ядра смог бы вызвать следующий акт деления, прежде чем он покинет систему.
- Во-вторых, система, содержащая ядерное топливо, должна быть окружена материалом, который как бы улавливает выходящие из нее нейтроны и возвращает их обратно, т. е. отражает. Вообще в природе не существует материала, отражающего нейтроны непосредственно в обратном направлении. Механизм работы отражателя состоит в том, что попадающие в него нейтроны беспорядочно движутся по искривленным

траекториям и, не испытывая захвата со стороны атомов отражателя, в конце концов частично (в идеальном случае до 50%) попадают обратно в активную зону.

- Третье условие- это снижение вредного захвата нейтронов в неделящихся материалах системы, которые непосредственно не участвуют в цепной реакции, но их ядерные характеристики таковы, что требуют оптимального решения в выборе соответствующих материалов с точки зрения сохранения нейтронов.
- И, наконец, одним из важнейших условий осуществления полностью контролируемой цепной реакции деления ядер атомов служит наличие средств управления этой реакцией, т. е. регулирования ее хода и скорости прохождения.

Глава 2 Перспективы развития атомной энергетики

2.1 Развитие атомной промышленности

После второй мировой войны мировая электроэнергетика стала крупнейшим источником инвестиций. Это было вызвано быстрым ростом спроса на электроэнергию, по темпам значительно превосходившим рост населения и национального дохода. Основным упор делался на тепловые электростанции (ТЭС), работающие на угле и, в меньшей степени, на нефти и газе, а также на гидроэлектростанции. До 1969 года АЭС промышленного типа не существовало. К 1973 практически во всех промышленно развитых странах оказались исчерпанными ресурсы крупномасштабной гидроэнергетики. Скачок цен на энергоносители после 1973, быстрый рост потребности в электроэнергии, а также растущая озабоченность возможностью утраты независимости национальной энергетики- все это способствовало утверждению взгляда на атомную энергетику как на единственный реальный альтернативный источник энергии. Эмбарго на арабскую нефть 1973–1974гг породило дополнительную волну заказов и оптимистических прогнозов развития атомной энергетики.

Но каждый следующий год вносил свои коррективы в эти прогнозы. С одной стороны, атомная энергетика имела своих сторонников в правительствах, в урановой промышленности, исследовательских лабораториях и среди влиятельных энергетических компаний. С другой стороны, возникла сильная оппозиция, в которой объединились группы, защищающие интересы населения, чистоту окружающей среды и права потребителей.

Споры, которые продолжаются и по сей день, сосредоточились главным образом вокруг вопросов вредного влияния различных этапов топливного цикла на окружающую среду; вероятности аварий реакторов и их возможных последствий; организации строительства и эксплуатации реакторов; приемлемых вариантов захоронения ядерных отходов; потенциальной возможности саботажа и нападения террористов на АЭС; а также вопросов увеличения национальных и международных усилий в области нераспространения ядерного оружия.

2.2. Проблемы развития энергетики

Как известно, в основе производства тепловой и электрической энергии лежит процесс сжигания ископаемых энергоресурсов – угля, нефти или газа, а в атомной энергетике - деление ядер атомов урана и плутония при поглощении нейтронов.

Масштаб добычи и расходования энергоресурсов, металлов, воды и воздуха для производства необходимого человечеству количества энергии огромен, а запасы ресурсов стремительно сокращаются. Особенно остро стоит проблема быстрого истощения запасов органических природных энергоресурсов.

Мировые запасы энергоресурсов оцениваются величиной $355 Q$, где Q - единица тепловой энергии, равная $Q=2,52^{1017}$ ккал = 36^{109} тонн условного топлива /т.у.т./,

топлива с калорийностью 7000 ккал/кг, так что запасы энергоресурсов составляют $12,8^{1012}$ т.у.т.

Из этого количества примерно одна треть (что составляет $\sim 4,3^{1012}$ т.у.т.) может быть извлечена с использованием современной техники при умеренной стоимости топливодобычи. С другой стороны, современные потребности в энергоносителях составляют $1,1^{1010}$ т.у.т./год и растут со скоростью 3-4% в год, то есть удваиваются каждые 20 лет.

Отметим также, что при сжигании ископаемых углей и нефти, обладающих сернистостью около 2,5 %, ежегодно образуется до 400 млн тонн сернистого газа и окислов азота, что составляет 70 кг вредных веществ на каждого жителя Земли в год. Использование энергии атомного ядра и развитие атомной энергетики частично снимает остроту этой проблемы. Действительно, открытие деления тяжелых ядер при захвате нейтронов, сделавшее XX век атомным, стало существенным складом к запасам энергетического ископаемого топлива. Запасы урана в земной коре оцениваются огромной цифрой - 1014 тонн. Однако основная масса этого богатства находится в рассеянном состоянии - в гранитах, базальтах. В водах мирового океана количество урана достигает 4^{109} тонн. В тоже время богатых месторождений урана, где добыча была бы недорога, известно сравнительно немного. Поэтому массу ресурсов урана, которую можно добыть при современной технологии и при умеренных ценах, оценивают в 108 тонн. Ежегодные потребности в уране составляют, по современным оценкам, 104 тонны естественного урана. Так что эти запасы позволяют, как сказал академик А.П.Александров, "убрать Дамоклов меч топливной недостаточности практически на неограниченное время".

Другая важная проблема современного индустриального общества- обеспечение сохранности природы, чистоты воды и воздуха.

Известна озабоченность ученых по поводу "парникового эффекта", возникающего из-за выбросов углекислого газа при сжигании органического топлива, и соответствующего глобального потепления климата на нашей планете. Проблемы загазованности воздушного бассейна, "кислых" дождей, отравления рек приблизились во многих районах к критической черте.

Атомная энергетика не потребляет кислорода и имеет ничтожное количество выбросов при нормальной эксплуатации, что позволяет устранить возможность возникновения парникового эффекта с тяжелыми экологическими последствиями глобального потепления.

Чрезвычайно важным обстоятельством является тот факт, что атомная энергетика доказала свою экономическую эффективность практически во всех районах земного шара. Кроме того, даже при большом масштабе энергопроизводства на АЭС, атомная энергетика не создаст особых транспортных проблем, поскольку требует минимальных транспортных расходов, что освобождает общество от бремени постоянных перевозок огромных количеств органического топлива.

2.3 Нужна ли миру атомная энергетика?

Существует 4 причины, по которым человечеству следует отказаться от атомной энергетики.

1. Каждая атомная электростанция, независимо от степени надежности, является по сути стационарной атомной бомбой, которая может быть в любой момент взорвана путем диверсии, бомбардировкой с воздуха, обстрелом ракетами или обычными артиллерийскими снарядами, играющими в данном случае роль детонатора. В сегодняшнем мире, где террористы и фанатики бьют из ракетных установок по больницам и детским садам и не задумываются, снести ли с лица земли город противника, если на то появится хоть малейшая возможность, это реальная, а не теоретическая опасность.

2. На примере Чернобыля мы на собственном опыте убедились, что авария на атомной электростанции может произойти и просто по чьей-то небрежности. К примеру, по материалам доклада сенатора Гленна (США), опубликованного в мае 1986 года, с 1971 по 1984 г. на АЭС мира произошла 151 серьезная авария, при каждой из которых имел место “значительный выброс радиоактивных материалов с опасным воздействием на людей”. С тех пор года не проходило, чтобы в той или иной стране мира не происходило серьезной аварии на АЭС.

3. Реальной опасностью являются радиоактивные отходы атомных электростанций, которых за прошедшие десятилетия накопилось довольно много и накопится еще больше, если атомная энергетика займет доминирующее положение в мировом энергобалансе. Сейчас отходы атомного производства в специальных контейнерах зарывают глубоко в землю или опускают на дно океана. Оба способа не являются безопасными: с течением времени защитные оболочки разрушаются и радиоактивные элементы попадают в воду и почву, а значит и в организм человека.

4. Не стоит забывать, что атомное горючее может быть с одинаковой эффективностью использовано и в АЭС, и в атомной бомбе. Совет безопасности ООН не зря пресекает попытки развивающихся тоталитарных государств ввозить атомное горючее якобы для развития атомной энергетике. Одно это закрывает атомной энергетике дорогу в будущее в качестве доминирующей части мирового энергобаланса.

С другой стороны без атомных электростанций не обойтись.

Как оказалось, атомная энергетика имеет и немаловажные достоинства. Американские специалисты подсчитали, что если к началу 90-х годов в СССР все атомные электростанции заменили бы на угольные той же мощности, то загрязнение воздуха стало бы настолько велико, что это привело бы к 50-кратному увеличению преждевременных смертей в XXI в. в сравнении с самыми пессимистическими прогнозами последствий- чернобыльской катастрофы.

Глава 3 Приборы, которые вырабатывают атомную энергию

3.1 Ядерные реакторы

Ядерный реактор (см. рис1)- это техническая установка, в которой осуществляется самоподдерживающаяся цепная реакция деления тяжелых ядер с освобождением ядерной энергии (рис 2). Ядерный реактор состоит из активной зоны и отражателя, размещенных в защитном корпусе. Активная зона содержит ядерное топливо в виде топливной композиции в защитном покрытии и замедлитель. Топливные элементы обычно имеют вид тонких стержней. Они собраны в пучки и заключены в чехлы. Такие сборные композиции называются сборками или кассетами.

Вдоль топливных элементов движется теплоноситель, который воспринимает тепло ядерных превращений. Нагретый в активной зоне теплоноситель движется по контуру циркуляции за счет работы насосов либо под действием сил Архимеда и, проходя через теплообменник, либо парогенератор, отдает тепло теплоносителю внешнего контура.

Перенос тепла и движения его носителей можно представить в виде простой схемы.

Ядерные реакторы можно классифицировать по типу применяемых в них замедлителей: реакторы на графите, на воде и на тяжелой воде. Тяжелой называется вода, в которой обычный водород заменен его тяжелым изотопом – дейтерием. Тяжелая вода поглощает значительно больше электронов, чем обычная. Для поддержания цепной реакции необходимо определенное количество делящегося вещества. Если в реакторе теряется в результате поглощения или испускания больше нейтронов, чем возникает, то реакция не будет самоподдерживающейся. Если же, наоборот, нейтронов возникает больше, чем теряется, то реакция становится самоподдерживающейся и нарастающей. Минимальное количество вещества,

обеспечивающее самоподдерживающееся протекание реакции, называется критической массой. Для нормальной работы ядерного реактора поток нейтронов должен постоянно поддерживаться на требуемом уровне. Режим работы реактора регулируют, вдвигая и выдвигая стержни из поглощающего материала.

3.2 Атомное оружие

Атомное оружие- самое мощное оружие на сегодняшний день, находящееся на вооружении пяти стран-сверхдержав: России, США, Великобритании, Франции и Китая. Существует также ряд государств, которые ведут более-менее успешные разработки атомного оружия, однако их исследования или не закончены, или эти страны не обладают необходимыми средствами доставки оружия к цели, что делает его бессмысленным. Индия, Пакистан, Северная Корея, Ирак, Иран имеют разработки ядерного оружия на разных уровнях, ФРГ, Израиль, ЮАР и Япония теоретически обладают необходимыми мощностями для создания ядерного оружия в сравнительно короткие сроки. Трудно переоценить роль ядерного оружия. С одной стороны, это мощное средство устрашения, с другой – самый эффективный инструмент укрепления мира и предотвращения военных конфликтами между державами, которые обладают этим оружием. С момента первого применения атомной бомбы в Хиросиме прошло 52 года. Мировое сообщество близко подошло к осознанию того, что ядерная война неминуемо приведет к глобальной экологической катастрофе, которая сделает дальнейшее существование человечества невозможным. В течение многих лет создавались правовые механизмы, призванные разрядить напряженность и ослабить противостояние между ядерными державами. Так например, было подписано множество договоров о сокращении ядерного потенциала держав, была подписана Конвенция о Нераспространении Ядерного Оружия, по которой страны-обладателя обязались не передавать технологии производства этого оружия другим странам, а страны, не имеющие ядерного оружия, обязались не предпринимать шагов для его разработки; наконец, совсем недавно сверхдержавы договорились о полном запрещении ядерных испытаний. Очевидно, что ядерное оружие является важнейшим инструментом, который стал регулирующим символом целой эпохи в истории международных отношений и в истории человечества.

3.3. Современные атомные бомбы и снаряды

В зависимости от мощности атомного заряда атомные бомбы, снаряды делят на калибры: малый, средний и крупный. Чтобы получить энергию, равную энергии взрыва атомной бомбы малого калибра, нужно взорвать несколько тысяч тонн тротила. Тротиловый эквивалент атомной бомбы среднего калибра составляет десятки тысяч, а бомбы крупного калибра- сотни тысяч тонн тротила. Еще большей мощностью может обладать термоядерное (водородное) оружие, его тротиловый эквивалент может достигать миллионов и даже десятков миллионов тонн.

Атомные бомбы, тротиловый эквивалент которых равен 1- 50 тыс. т, относят к классу тактических атомных бомб и предназначают для решения оперативно-тактических задач. К тактическому оружию относят также артиллерийские снаряды с атомным зарядом мощность 10- 15 тыс. т. и атомные заряды (мощностью около 5- 20 тыс. т) для зенитных управляемых снарядов и снарядов, используемых для вооружения истребителей. Атомные и водородные бомбы мощностью свыше 50 тыс. т относят к классу стратегического оружия.

Нужно отметить, что подобная классификация атомного оружия является лишь условной, поскольку в действительности вследствие применения тактического

атомного оружия могут быть не меньшими, чем те, которые испытало на себе население Хиросимы и Нагасаки, а даже большими.

Сейчас очевидно, что взрыв только одной водородной бомбы способен вызвать такие тяжелые последствия на огромных территориях, каких не несли с собой десятки тысяч снарядов и бомб, применявшихся в прошлых мировых войнах. А нескольких водородных бомб вполне достаточно, чтобы превратить в зону пустыни огромные территории.

Ядерное оружие подразделяется на 2 основных типа: атомное и водородное (термоядерное). В атомном оружии выделение энергии происходит за счет реакции деления ядер атомов тяжелых элементов урана или плутония. В водородном оружии энергия выделяется в результате образования (или синтеза) ядер атомов гелия из атомов водорода. Виды термоядерного оружия будут рассмотрены ниже.

Глава 4 Атом и экология

Долгое время существовала угроза нанесения большого вреда экологии нашей планеты за счет выброса при ядерных испытаниях радиоактивных веществ (главным образом при атмосферных испытаниях). Необходимо учитывать, что количество веществ, образующихся при взрыве, зависит от калибра бомбы. Установлено, что радиоактивное заражение в основном определяется «осколками» деления ядер вещества, составляющего заряд бомб- урана или плутония. У современных водородных бомб, работающих по схеме: расщепление – ядерное соединение-расщепление, образуется огромное количество т.э. «осколков» деления. Часть из них возникает при взрыве атомного детонатора и большая часть – при расщеплении урановой оболочки. В результате некоторое количество радиоактивных веществ образуется в земле, воде и окружающих предметах.

Количество радиоактивных веществ, выпадающих на землю, зависит и от вида взрыва – воздушный, наземный, подводный, подземный (в двух последних случаях загрязнение земли минимально). Само собой разумеется, что ни о каком влиянии на выпадение радиоактивных элементов на землю при космических взрывах говорить не приходится. Наибольшее количество радиоактивных веществ выпадает при наземном взрыве, особенно в районе взрыва. Метеоусловия играют также важную роль: Китай в свое время проводил наземные и атмосферные ядерные испытания в непосредственной близости от границы с СССР (Киргизией) в те моменты, когда ветер имел направление в сторону СССР. Таким образом, облака радиоактивной пыли относились ветром вглубь нашей территории, и выпадавшая из них пыль рассеивалась уже на ней.

Из всех радиоактивных веществ, выпадавших на землю, наиболее опасным являлся стронций-90, период полураспада которого равен 25 годам. Попадая внутрь организма человека или животных в виде пыли, стронций, подобно кальцию, отлагается в костных тканях, что в последствие приводит к появлению опухолей различных типов и тяжести. В этой связи трудно переоценить роль договора о запрещении ядерных испытаний в трех сферах (на земле, под водой и в космосе), подписанного державами-обладателями ядерного оружия. Совсем недавно, после того как Франция закончила свои испытания на атолле Морророа в Тихом океане, все 5 сверх держав, обладающие ядерным оружием, заявили о полном прекращении ядерных испытаний. Это было достигнуто в значительной степени благодаря осознанию той страшной угрозы, которую несет в себе продолжение испытаний ядерного оружия, а также благодаря созданию технологий компьютерного моделирования ядерных взрывов.

Заключение

Человечество стоит перед дилеммой: с одной стороны, без энергии нельзя обеспечить благополучия людей, а с другой – сохранение существующих темпов ее производства и потребления может привести к разрушению окружающей среды, серьезному ущербу здоровью человека.

Сегодня около половины мирового энергобаланса приходится на долю нефти, около трети - на долю газа и атома (примерно по одной шестой) и около одной пятой - на долю угля. На все остальные источники энергии остается всего несколько процентов. Совершенно очевидно, что без тепловых и атомных электростанций на современном этапе человечество обойтись не в состоянии, и все же по возможности там, где есть, следует внедрять альтернативные источники энергии, чтобы смягчить неизбежный переход от традиционной энергетики к альтернативной. Тогда будет жизненно важно, сколько солнечных батарей успеет вступить в действие, сколько заработает “мини-ГЭС” и приливных станций, открывающих дорогу тысячам других, сколько цепочек ветряков встанет по горам и сколько цепочек волновых буйков закачается у побережий.

Ядерная энергия играет исключительную роль в современном мире: ядерное оружие оказывает влияние на политику, оно нависло угрозой над всем, живущим на Земле. А пока человечество стремится утолить свои непрерывно растущие потребности в энергии путем беспредельного развития ядерной энергетики, радиоактивные отходы загрязняют нашу планету. В действительности жизнь на Земле всегда зависела от ядерной энергии: ядерный синтез питает энергией Солнце, радиоактивные процессы в недрах Земли нагревают ее жидкое ядро, влияют на подвижность материковых плит.

Первая половина 20 века ознаменовалась крупнейшей победой науки – техническим решением задачи использования громадных запасов энергии тяжелых атомных ядер – урана и тория. Этого вида топлива, сжигаемого в атомных котлах, не так уж много в земной коре. Если всю энергетику земного шара перевести на него, то при современных темпах роста потребления энергии урана и тория хватит лишь на 100 – 200 лет. За этот же срок исчерпаются запасы угля и нефти.

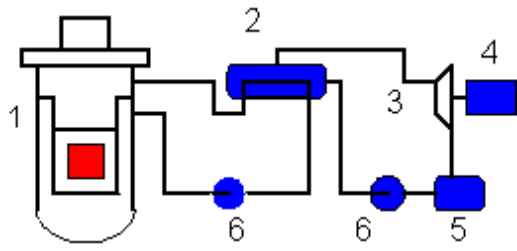
Вторая половина 20 века стала веком термоядерной энергии. В термоядерных реакциях происходит выделение энергии в процессе превращения водорода в гелий. Быстро протекающие термоядерные реакции осуществляются в водородных бомбах.

В термоядерных реакторах, безусловно, будет использоваться не обычный, а тяжелый водород. В результате использования водорода с атомным весом, отличным от наиболее часто встречающегося в природе, удастся получить ситуацию, при которой литр обычной воды по энергии окажется равноценен 400 литрам нефти.

Однако, главная проблема современной энергетики- не истощение минеральных ресурсов, а угрожающая экологическая обстановка, еще задолго до того, как будут использованы все мыслимые ресурсы, разразиться экологическая катастрофа, которая превратит Землю в планету, совершенно непригодную для жизни человека.

1. Реактор
2. Парогенератор
3. Циркуляционный насос

(рис 2)



1. Реактор
2. Теплообменник, парогенератор,
3. Паротурбинная установка
4. Генератор
5. Конденсатор
6. Насос