

4. Воинов А.М., Егоров В.П., Запольский А.Е. и др. Стенд для исследования нейтронно-физических характеристик простых критических сборок. — Там же. Сер. Физика ядерных реакторов, 1992, вып. 2, с. 21—29.
5. Пунин В.Т., Смирнов И.Г., Зыков С.А. Авария на стенде критических сборок в РФЯЦ — ВНИИЭФ. — Атомная энергия, 1997, т. 83, вып. 2, с. 154—156.
6. Ходалев Г.Ф., Тарасова Е.Ю., Житник А.К. и др. Доза облучения экспериментатора при аварии на критической сборке в РФЯЦ — ВНИИЭФ. — Там же, 1998, т. 85, вып. 2, с. 155—158.

Поступила в Редакцию 2.06.99

УДК 621.039.525

УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЯДЕРНОЙ БЛАНКЕТНОЙ СИСТЕМЫ КАК ИСТОЧНИКА НЕЙТРОНОВ

Васильев В.В., Шведов О.В. (ГНЦ РФ — ИТЭФ)

Классификация установок и составляющие эффективности. Электроядерные системы обычно классифицируют по мощности: системы малой мощности, демонстрационные и энергетические. Можно также условно разделить их по материалу мишени и энергии частиц драйвера. Тритиевые и дейтериевые мишени и драйверы на дейтронах энергией до 2 МэВ — системы низкой энергии; мишени из легких металлов на протонах до 100 МэВ или дейтронах до 30 МэВ — системы промежуточной энергии; мишени из тяжелых металлов преимущественно в жидком виде с протонами от 100 до 600 МэВ — системы средней энергии; мишени из тяжелых элементов в виде расплавленных солей или эвтектики свинец—висмут и протоны от 600 МэВ до 2 ГэВ — системы высокой энергии.

Можно корректировать границы этих классов или дополнять виды мишеней, однако очевидна разница в их назначении. Установки низкой энергии выполняют функции источника нейтронов. В области промежуточной энергии дополнительно можно производить радионуклиды как на нейтронах, так и на протонах. Установки в этом диапазоне могут быть использованы для моделирования алгоритмов работы систем управления, диагностики и защиты для других диапазонов. В области средней энергии, помимо всех перечисленных, можно решать задачи моделирования и испытания реальных узлов и подсистем установок следующего по энергии класса. Системы высокой энергии предназначены в основном для переработки радиоактивных отходов, но могут быть снабжены и оборудованием для традиционных исследовательских задач, например, замедлителем нейтронов и каналами вывода нейтронов.

Для компенсации недостаточно высокого тока драйвера и сравнительно малого выхода нейтронов из мишени в системах низкой и промежуточной энергии может быть использована схема с бланкетом, размножающим тепловые нейтроны. Возможен и двухсекционный бланкет, размножающий в первой секции быстрые нейтроны от мишени, во второй — тепловые нейтроны. Та или иная схема для установки промежуточной энергии может быть реализована для двух вариантов мишени. В первом варианте используют стабильный материал с малым сечением поглощения нейтронов, например, бериллий, ^7Li , во втором применяют делящийся элемент, например, изотоп или смесь изотопов урана в специально подобранной матрице. По выходу нейтронов второй вариант предпочтителен. Однако в этом варианте замена узла мишени сравнима с выгрузкой отработавшего топливного канала, отработавший узел мишени требует специального хранилища и дальнейшей переработки, что усложняет эксплуатацию установки. Системы средней и высокой энергии производят десятки нейтронов на один протон и в бланкетах не нуждаются.

В настоящей работе рассматриваются только установки промежуточной энергии со стабильной мишенью из легкого металла, окруженной бланкетом канальной структуры с топливом на основе высокообогащенного урана.

Эффективность системы промежуточной энергии включает:

эффективность ускорителя с точки зрения достижения высокого к.п.д., значительного тока ускоренных частиц, стабильности положения пучка на мишени или системе мишеней; автоматизацию управления пучком для его стабилизации на мишени;

эффективность узла мишени, что означает высокий ресурс мишени (высокий флюенс на протонах и нейтронах). Это необходимо для исключения частых перегрузок узла мишени;

оптимальную структуру в части взаимного расположения топливных каналов бланкета, каналов ввода пучка драйвера и перегрузки мишени. В оптимальной структуре канал ввода пучка не препятствует доступу к топливным каналам и перегрузке топлива, мишень перегружается дистанционно и автоматически по мере выработки ресурса независимо от состояния канала транспортировки пучка и топливных каналов;

высокую плотность потока нейтронов в экспериментальном канале, что обеспечило бы достойную замену реактора с точки зрения не только безопасности, но и постановки прецизионных экспериментов;

удобный доступ к активной зоне и отражателю для размещения технологических коммуникаций криогенных замедлителей и экспериментальных устройств.

В настоящей работе не рассматриваются первые три пункта, анализ ограничен лишь обсуждением эффективности бланкета. Отметим, что было бы оптимальным сначала определить структуру электроядерной установки, наиболее эффективную с точки зрения штатной эксплуатации, затем рассматривать комплекс вопросов, связанных с транспортировкой пучка к мишени. При анализе эффективности авторы настоящей статьи исходят из опыта проектирования установки, в которой протонный канал совпадает с каналом загрузки узла мишени [1].

Эффективность бланкета. Для обоснования целесообразности перехода от реактора к электроядерной установке нужно показать, что в установках повышенной безопасности не снижается поток тепловых нейтронов в экспериментальном канале. Оценим его по формуле

$$F = JY\epsilon(1 - K_{эф})^{-1},$$

где J — ток пучка на мишени, мА; Y — выход нейтронов с мишени в телесный угол 4π на единицу тока; ϵ — эффективность преобразования нейтронов с мишени в тепловые нейтроны, вызывающие деление топлива; $K_{эф}$ — эффективный коэффициент размножения бланкета, зависящий только от его структуры и состава. Для практических оценок заменим величину $Y\epsilon$ ее значением для оптимизированного тяжеловодного бланкета [1] и протонов энергией 36 МэВ, падающих на бериллиевую мишень: $F = 1,5 \cdot 10^{11} J(1 - K_{эф})^{-1}$. Оценим реальный ток пучка протонов значением 5 мА.

Тогда для получения плотности потока $5 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ необходимо обеспечить эффективный коэффициент 0,985, что означает 1,5%-ную подкритичность.

Отсюда ясно, что даже при среднем токе пучка 10 мА и более эффективный коэффициент размножения бланкета должен быть не менее 0,97, чтобы плотность потока тепловых нейтронов была не менее $5 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$. Отметим, что на современных установках достигается плотность потока в диапазоне $10^{15} - 10^{16} \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$. Такой ток означает, что при нормальных условиях теплосъема (теплоноситель — вода) нужно увеличивать поверхность мишени до $0,5 \text{ м}^2$. В этом случае компактный узел мишени превращается в многокомпонентную зону мишени. Размещение составных элементов этой зоны и возможность их перегрузки по мере выработки ресурса представляют отдельную задачу.

Сооружаемый в ИТЭФе сильноточный ускоритель «Истра-36» [2] ориентирован на ток до 1 мА, хотя в принципе конструкция резонаторов позволяет ускорять ток 5—10 мА. Для определения структуры композиции мишень— бланкет и требований к ускорителю важно понять, какой уровень подкритичности бланкета ($1 - K_{эф}$) допустим для получения высокой плотности потока нейтронов при реальном ускорителе.

Как видно из рис. 1, для получения плотности нейтронного потока от $3 \cdot 10^{13}$ до $3 \cdot 10^{14}$ необходимы экономичные ускорители на средний ток ~ 10 мА при энергии протонов в десятки МэВ. При этом бланкет должен допускать штатную эксплуатацию в диапазоне подкритичности 1—3%.

С точки зрения наибольшего потока тепловых нейтронов и размещения в отражателе бланкета наибольшего числа каналов или канала наибольшего диаметра бланкет с тяжеловодным отражателем имеет несомненное преимущество [3]. Компактная зона и тяжеловодный отрагатель позволят по расчетам разместить в отражателе экспериментальный канал диаметром от 200 до 400 мм [4, 5]. Это даст возможность оборудовать электроядерную установку криогенным генератором с замедлителем большого объема [5]. Невысокие нейтронные потоки в этой установке стимулируют поиск нетривиальных методов для постановки экспериментов. Эффективный замедлитель в канале большого диаметра отчасти компенсирует невозможность вывода пучка нейтронов от замедлителя на большое расстояние. Экспериментальная установка в этом случае может быть максимально приближена к замедлителю за счет частичного погружения в канал.

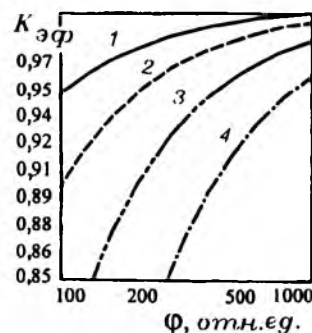
Динамическая безопасность бланкета. Подкритический бланкет электроядерной установки (далее бланкет) отличается от реактора не только эффективным коэффициентом размножения, но и следующими конструкционными особенностями:

бланкет не имеет органов регулирования реактивности, что исключает такую причину аварии, как самоход стержня (органа регулирования);

глубина подкритичности может изменяться только с изменением количества топлива (в результате выгорания или перегрузки) и параметрами замедлителя и отражателя (уровень, состав, температура);

расположение ТВС в узлах оптимальной решетки гарантирует бланкет от выхода в критическое состояние при нарушении структуры решетки.

Эти свойства бланкета обеспечивают внутреннюю (конструкционную) безопасность. Тем не менее возможны аварийные ситуации, связанные с внесением положительной реактивности (реактивностные аварии). Для исследовательской установки с тяжеловодным бланкетом это может быть авария, связанная с разгерметизацией сухого исследовательского канала. Например, в ситуации, когда замедлитель (тяжелая вода) заполняет канал, а его уровень в баке сохраняется, реактивность бланкета возрастает. Если канал заполняется полностью, то внесенная реактивность равна некоторой величине $\Delta K_{\max}$. Поскольку процесс заполнения занимает определенное время, то изменение реактивности также зависит от времени развития процесса, что можно выразить функцией $\Delta K(t) = f(t)$. Обозначим суммарную реактивность, вносимую в результате наложения всех возможных аварий за полное время развития и завершения аварии, как ΔK_c . Учтем фактор времени и выберем в спектре всевозможных аварий совокупность двух-трех наиболее вероятных, вносящих наибольший вклад с наибольшей скоростью. Пусть эта совокупность вносит за время Δt_{CA3} реактивность ΔK_d . Тогда оценка максимальной скорости изменения реактивности равна $S_{\Delta R} = \Delta K_d / \Delta t_{CA3}$. Рассмотрим два подхода к ядерной безопасности подкритического бланкета.



Р и с. 1. Зависимость эффективного коэффициента размножения $K_{эф}$ бланкета от относительного потока тепловых нейтронов $\varphi = J(1 - K_{эф})^{-1}$ для среднего тока ускорителя 5 (1), 10 (2), 20 (3), 40 мА (4)

Первый подход выражается требованием ограничить эффективный коэффициент размножения бланкета в режиме штатной эксплуатации $K_{\text{ш}}$ предельным значением $K_{\text{п}} = (1 - \Delta K_{\text{с}})$, т.е. $K_{\text{ш}} \leq K_{\text{п}}$. Здесь $\Delta K_{\text{п}}$ определяется с учетом $\Delta K_{\text{м}}$ — суммарной погрешности расчетного моделирования бланкета и измерительных методик, применяемых при натурном моделировании реактивной аварии. Назовем этот подход требованием статической безопасности, поскольку $K_{\text{ш}}$ определяется предельным значением на момент, когда динамические процессы закончились. Понятно, что при таком подходе трудно обеспечить подкритичность менее чем 5% особенно для исследовательского аппарата, а это означает, что умножение нейтронов в бланкете не превысит 20. Как видно, перспектив для эффективности бланкета требование статической безопасности не обещает. Зато в условиях глубокой подкритичности (не менее 5%), как полагают, не нужны системы защиты.

Второй подход заключается в следующем. Пусть система диагностики и аварийной защиты, которая здесь необходима, способна за время $\Delta t_{\text{САЗ}}$ определить изменение реактивности $\Delta K_{\text{д}}$ и максимальную скорость $S_{\Delta R} = \Delta K_{\text{д}} / \Delta t_{\text{САЗ}}$. Пусть время $\Delta t_{\text{САЗ}}$ включает в себя период не только диагностики, но и срабатывания системы аварийной защиты, т.е. время до срабатывания концевых выключателей каналов аварийной защиты. В этом случае можно определить $K_{\text{ш}}$ таким образом: $K_{\text{ш}} = 1 - \Delta K_{\text{д}}$. Если $\Delta t_{\text{САЗ}} \approx 10\text{--}40$ мс, то можно предположить, что $\Delta K_{\text{д}}$ отличается от $\Delta K_{\text{с}}$ в 5—10 раз в зависимости от временных параметров реактивных процессов. В этом случае выход в критическое состояние может быть предотвращен за счет срабатывания системы диагностики и аварийной защиты. Быстродействие этих систем должно быть таким, чтобы успеть за время $\Delta t_{\text{САЗ}}$ распознать аварию и надежно нейтрализовать бланкет, т.е. снизить $K_{\text{эф}}$ до $K_0 \leq K_{\text{п}}$. Возможная максимальная скорость развития реактивных процессов определяет требования к быстродействию систем диагностики и аварийной защиты. Допустимый минимум запаса подкритичности в этом случае определяется точностью расчета и измерения динамики происходящих в бланкете процессов. Принцип обеспечения безопасности за счет измерения динамики различных процессов за короткие интервалы времени и в случае необходимости быстрого ввода отрицательной реактивности до выхода в критическое состояние естественно назвать принципом динамической безопасности. Отметим, что динамическая безопасность может быть обеспечена за счет тщательно проработанной конструкции бланкета, заранее исследованных всевозможных сценариев ввода положительной реактивности и даже разработки локальных дополнительных систем компенсации, замедляющих ввод положительной реактивности там, где процесс может протекать слишком быстро.

Таким образом, принцип динамической безопасности основан на точном понимании сценариев развития возможных аварий, особенно в первые 20—40 мс, и наличии быстродействующей системы измерения реактивности и диагностики процессов ее изменения, а также оборудования для быстрого ввода отрицательной реактивности. Понимание принципиальной важности такого сочетания открывает пути повышения эффективности конкретной конструкции бланкета. Попытки упростить бланкет за счет отказа от систем защиты или динамического подхода лишают электроядерную установку и безопасности, и эффективности.

Термин «точное понимание сценариев развития аварий» означает, во-первых, что инструментарий разработчика и испытателя бланкета содержит прецизионные компьютерные коды, позволяющие моделировать бланкет с точностью не хуже 0,5%. Во-вторых, конструкция сборки для испытаний должна удовлетворять требованию прецизионности. Это означает, что все материалы сборки сертифицированы, состав их известен. Замедлитель контролируется приборами по составу (обогащение дейтерием, следы бора, изотопный состав и т.п.), изменения отражаются в математической модели.

Твэлы перед загрузкой тщательно контролируют на содержание топлива, отбирают и маркируют. Положение каждого твэла и промежуточной втулки в ТВС и сборки зоны в целом должно быть известно с определенным допуском. Иначе говоря, бланкет должен быть прецизионным. В-третьих, бланкет должен быть оснащен прецизионными средствами контроля. Как следует из сказанного, эти средства контроля должны с высокой частотой опрашивать быстродействующие нейтронные датчики. Все индикаторы и измерители параметров бланкета и экспериментальных каналов — термометры, вакуумметры, уровнемеры, манометры и т.д. должны быть связаны единой логикой со средствами контроля реактивности бланкета, иницируя при перепаде измеряемых величин соответствующие сигналы для измерения реактивности. Выполнение всех трех условий позволяет говорить о прецизионном бланкете. Такой бланкет предназначен для исследования сценариев развития аварий, измерения зависимости вводимой реактивности от времени, изучения предельно возможной эффективности подкритического бланкета. Однако следует отметить, что в условиях слабой подкритичности (около 1%) любой штатно эксплуатируемый исследовательский или энергетический бланкет должен быть прецизионным.

Временные параметры возможных аварий. Для оценки временных параметров аварийного ввода положительной реактивности рассмотрим упрощенную модель реактивной аварии в бланкете с тяжеловодным отражателем и теплоносителем. Выберем канал наибольшего диаметра. Предположим, что канал сухой, т.е. заполнен воздухом при атмосферном давлении. Пусть над зеркалом отражателя имеется газовая подушка с абсолютным давлением $H_a = 0,05$ МПа. Проанализируем аварию в виде образования течи над дном канала на уровне H ниже зеркала отражателя. С учетом давления газа полный перепад давления в водном эквиваленте составит $H_n = H + H_a$ или примерно $H_n = 8$ м. Эффективную площадь течи для круглого отверстия эквивалентного диаметра обозначим ω . Допустим, что для оценок можно использовать уравнение Бернулли. Примем, что свободное сечение канала S больше площади отверстия (течи) не менее чем в 4 раза. Тогда можно пренебречь скоростью подхода жидкости к отверстию [6]. Заглубление верхней кромки отверстия достаточно велико. Коэффициент расхода μ_0 для отверстия примем для случая несовершенного сжатия струи равным 0,7. Для наполнения канала под переменный уровень используем следующую зависимость времени t наполнения канала на высоту ΔH при полном начальном напоре H_n [6]:

$$t = 2S \sqrt{H_n} / (\mu_0 \omega \sqrt{2g}) (1 - \sqrt{1 - \Delta H / H_n}).$$

Подставим в эту формулу $S/\omega = 5$ и рассчитаем время заполнения канала до высоты зеркала тяжелой воды в баке ($\Delta H = 2$ м). Получим $t = 1,22$ с. Таким образом, сухой канал наполнится за 1,22 с на высоту, обеспечивающую полный вклад веса канала в реактивность бланкета. Однако напомним, что условие S/ω означает большую площадь течи. Если принять свободное сечение канала равным $S = 0,5\pi D^2/4$, площадь течи $\omega = 0,5 \cdot 10^{-2}$ м², то при $D = 0,45$ м время возрастет до 3,9 с. Таким образом, положительная реактивность в 4% может быть введена за время более 1 с при условии, что предпринимаются попытки удерживать уровень воды в баке постоянным.

Оценим минимальное время заполнения вакуумного канала ионопровода водой на высоту 0,2 м для оценки требуемого быстродействия системы диагностики. Рассмотрим случай полного отрыва дна, т.е. примем $S/\omega = 1$. Примем высоту H_n равной 18 м с учетом вакуума. Для этого случая при прежних значениях остальных величин получим время 0,015 с. Следовательно, можно предполагать, что заметное изменение реактивности может произойти через 0,01 с. С учетом погрешности использованной формулы, не учитывающей динамику формирования течи, а также турбулентность и

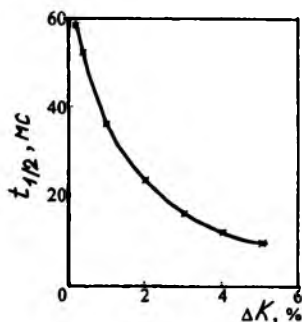
локальные силы инерции в первые мгновения аварии, примем, что суммарное быстроедействие систем обнаружения реактивной аварии и ввода аварийной защиты должно быть не хуже 10 мс. Добавим, что рассмотренные аварии маловероятны. Более того, их невозможность доказывается расчетами и экспериментами до сооружения установки. Тем не менее в составе средств защиты бланкета от выхода в критическое состояние следует предусмотреть и быстродействующие средства ввода отрицательной реактивности.

Требования к системе измерения реактивности. Для динамической безопасности прецизионный бланкет должен быть оснащен автоматизированной защитой по реактивности. Работа бланкета в режиме малого запаса подкритичности возможна только при автоматическом срабатывании органов аварийной защиты. Временные ограничения не оставляют времени для «ручного» ввода защиты с пульта по сигналу системы диагностики. Скорее, возможна ситуация, когда оператор реагирует уже на сигнал от нижних концевых выключателей в канале аварийной защиты и определяет причину срабатывания.

Особенность электроядерной установки с точки зрения защиты состоит в том, что изменения нейтронного потока могут инициироваться не только изменениями реактивности, но и вариациями пучка драйвера. Поэтому для определения случаев реактивной аварии автоматизированная система защиты по реактивности должна принимать сигналы датчиков параметров, которые влияют на реактивность, датчиков тока пучка и положения пучка на мишени, стартовые сигналы от драйвера, выходные сигналы нейтронных каналов в токовом или импульсном варианте. Также система должна обрабатывать прерывания с приоритетом по вкладу каждого параметра в реактивность. Кроме того, система должна измерять или по измеренным в режиме on-line величинам определять параметры, зависящие от реактивности бланкета. Из всей совокупности параметров она должна определить причины изменений нейтронного поля за определенный промежуток времени и принять решение в зависимости от источника флуктуаций поля. В случае реактивной аварии система вводит в действие аварийную защиту и отключает ускоритель, в случае ухода пучка с мишени только отключает ускоритель и блокирует подачу пучка в бланкет.

Один из возможных способов реализации автоматизированной системы защиты по реактивности в случае импульсного драйвера был кратко рассмотрен в работе [3]. Из результатов этой работы можно видеть, что время полуспада нейтронного импульса, возникающего в бланкете в ответ на импульс быстрых нейтронов с мишени, зависит от подкритичности бланкета. Качественно вариант такой зависимости показан на рис. 2. Подобная зависимость может быть построена по результатам экспериментальных измерений для любой модели бланкета. Для варианта импульсного драйвера с длительностью импульса 150—200 мкс и частотой следования 20—25 Гц логика определения реактивности следующая. Нейтронная система запускается от стартового импульса драйвера, анализирует временное развитие нейтронного импульса в бланкете, определяет временные характеристики импульса или отдельных его участков и по экспериментальным зависимостям, подобным рис. 2, реактивность бланкета на время импульса. Авторы оценивают длительность указанного цикла 20—40 мс исходя из постоянной времени спада, характерной для тяжеловодного бланкета. Ширина временного канала предполагается равной 10 мкс.

Современные средства программируемой автоматики в промышленном исполнении предоставляют широкие возможности для построения системы защиты с достаточным быстродействием. Подсистема для регистрации нейтронов может быть реализована на базе отечественных разработок с привлечением малогабаритных камер деления для внутреннего контроля.



Р и с. 2. Зависимость периода $t_{1/2}$ полуспада нейтронного импульса от подкритичности ΔK в тяжеловодном бланкете

Выводы. Таким образом, для выхода на уровень потоков нейтронов, характерных для типовых исследовательских реакторов, необходимы драйверы с протонным пучком в диапазоне среднего тока не менее 10 мА. Для получения более высоких нейтронных потоков для прецизионных физических экспериментов необходимы дополнительные меры. Недостаток тока драйвера и низкий выход нейтронов с мишени можно компенсировать снижением запаса подкритичности. Введено понятие динамической безопасности в отличие от обычно обсуждаемого критерия статической безопасности. На основе критерия и концепции динамической безопасности формулируется программа создания прецизионного бланкета. Цель этой программы — прецизионное изучение параметров бланкета в режиме малой подкритичности, создание условий для моделирования процессов ввода положительной реактивности и исследования системы измерения реактивности в условиях реальной динамики бланкета. Оснащение бланкета быстродействующей системой определения реактивности позволит исследовать динамику бланкета в области слабой подкритичности. Дополнение системы диагностики аварийной защитой с высоким быстродействием, вводящей органы защиты за время 1—10 мс, создает условия для динамической безопасности бланкета. Это открывает, в свою очередь, перспективу получения высоких потоков нейтронов в подкритических аппаратах. Успех в реализации программы прецизионных исследований в области малой подкритичности позволит оценить техническую возможность и целесообразность замены исследовательских реакторов электроядерными установками и обеспечит в перспективе возможность разработки бланкета с высокой эффективностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shvedov O.V., Igumnov M.I., Katz M.M. e.a. The ITEP electro-nuclear generator. — J. Moscow Phys. Soc., 1996, № 6, p. 99—111.
2. Козодаев А.М., Алешин Н.А., Васильев В.В. и др. Линейный протонный ускоритель «Истра-36» на ток пучка 500 мкА для радиационно-технологических целей. Тезисы докладов VIII совещания по применению ускорителей заряженных частиц в промышленности и медицине. С.-Петербург, 26—28 сентября 1995 г., с. 29.
3. Бать Г.А., Коченов А.С., Кабанов Л.П. Исследовательские ядерные реакторы. М.: Энергоатомиздат, 1985.
4. Васильев В.В., Дежурных А.А., Игумнов М.М. и др. Электроядерный генератор ультрахолодных нейтронов: Препринт ИТЭФ 9-95, 1995.
5. Васильев В.В., Орлов А.В., Шведов О.В. Перспектива фундаментальных исследований на подкритической установке малой мощности. — Труды первой московской Международной школы физики ИТЭФ. М., редакция журнала «Успехи физических наук», 1999, с. 87—90.
6. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Л.: Энергия, 1975.

Поступила в Редакцию 2.06.99

УДК 621.039.7:66.067.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОДЛОЖЕК ТКАНИ ФПП ДЛЯ ФИЛЬТРОВ ПЕТРЯНОВА

*Ровный С.И., Пятин Н.П., Проницев М.В., Лызлова Г.А.,
Тихомиров Ю.В. (ПО «Маяк»)*

Для высокоэффективной очистки воздушных выбросов от радиоактивных аэрозолей (> 99,99%) широко используются волокнистые фильтры Петрянова. Фильтрующим агентом в них является ткань ФПП-15-1,5 [1]. В настоящее время она для сборки фильтров поставляется в виде полотен размером 0,66×1,5 м. В качестве подложки для нее используется медицинская отбеленная марля [2]. При снаряжении фильтров особенно с большой поверхностью фильтрации в фильтрующем элементе образуется много стыков, что приводит к дополнительному расходу ткани и повышает вероятность проскока аэрозолей в процессе эксплуатации фильтров при некачественном выпол-