МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ СССР

ГЛАВНОЕ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МОЩНЫХ ИЗОТОПНЫХ ГАММА-УСТАНОВОК

Москва — 1975

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ СССР

Главное санитарно-эпидемиологическое управление

САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МОЩНЫХ ИЗОТОПНЫХ ГАММА-УСТАНОВОК

Москва - 1975

"УТВЕРЖДАЮ"
Заместитель Главного Государственного
санитарного врача Союза ССР
/А. Заиченко/
30 июля 1974 г.
№ 1170-74

САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МОЩНЫХ ИЗОТОПНЫХ ГАММА-УСТАНОВОК x)

В В Е Д Е Н И Е

Настоящие правила составлены в развитие "Основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений" № 950-72 (ОСП-72) и в соответствии с "Нормами радиационной безопасности" № 821-А-69 (НРБ-69).

Правила распространяются на все виды мощных изотопных гамма-установок с облучателями, собранными из закрытых радиоизотопных источников гамма-излучения активностью более 500 кюри, предназначенных для проведения радиационно-химических и других целей.

Правила не распространяются на установки, в которых источниками гамма-излучения служат тепловыделяющие элементы (твэлы), радиационные контуры и активные зоны ядерных реакторов, а также на гамма-установки для лучевой терапии и радиационной дефектоскопии.

Правила являются обязательными для учреждений всех министерств и ведомств, проектирующих, строящих и эксплуатирующих мощные гамма-установки.

---

x) Разработаны сотрудниками Всесоюзного Центрального НИИ охраны труда ВЦСПС, ГСЭУ МЗ СССР и филиала научно-исследовательского физико-химического института им. Л.Я. Карпова.

Ответственность за соблюдение требований настоящих Правил возлагается на руководство учреждений, министерств и ведомств.

I. Термины и определения.

I.I. Мощная изотопная гамма-установка - установка, основанная на использовании гамма-излучения закрытых радиоизотопных источников излучения активностью более 500 кюри.

I.2. Установка с сухой защитой - установка, в которой защита от гамма-излучения источника (облучателя) выполнена из твердых материалов (бетон, свинец и т.п.).

I.3. Установка с жидкостной (водной) защитой - установка, в которой защита от гамма-излучения источника (облучателя) обеспечивается слоем жидкости (воды, минерального масла и т.п.).

I.4. Установка со смешанной защитой - установка, в которой защита от гамма-излучения источника (облучателя) обеспечивается как твердыми, так и жидкими материалами.

I.5. "Гамма-поле" - установка, предназначенная для облучения сельскохозяйственных культур, в которой защита от гамма-излучения источника (облучателя) в рабочем положении обеспечивается в основном слоем воздуха и расстоянием.

I.6. Передвижная установка - установка, смонтированная и используемая на самоходных или несамоходных транспортных средствах (автомашина, вагон и т.п.).

I.7. Транспортабельная установка - установка, конструкция и вес которой позволяют перевозить ее в собранном виде и устанавливать в помещениях любых зданий без усиления защиты и переоборудования помещений.

I.8. Стационарная установка - установка, размещение которой требует специально оборудованных помещений.

I.9. Установка с неподвижным облучателем - установка, в которой объект облучения подается к облучателю, неподвижному относительно защиты как во время облучения, так и в положении хранения.

I.IO. Установка с подвижным облучателем - установка, в которой источники (облучатель) перемещаются из положения хранения к объекту облучения и обратно.

I.II. Закрытый радиоизотопный источник излучения - радиоизотопный источник излучения, в котором радиоактивный материал заключен в оболочку (ампулу, защитные покрытия), предотвращающую контакт персонала с радиоактивным материалом и его рассеяние свыше допустимых уровней в условиях, предусмотренных для использования источника.

Примечание: Под радиоизотопным источником излучения следует понимать любое количество материала (вещества), предназначенное для использования в качестве источника ионизирующего излучения.

I.I2. Облучатель - устройство, обеспечивающее пространственное расположение закрытых радиоизотопных источников излучения для формирования заданного поля ионизирующего излучения.

I.I3. Рабочая камера (рабочий объем) - помещение (емкость) окруженное защитой от гамма-излучения, в котором проводится облучение объекта.

I.I4. Лабиринт - устройство в виде коридора (многоколенчатого, кольцевого или иной формы), расположенного в защите рабочей камеры и служащего для сообщения с ней и уменьшения уровней отраженного гамма-излучения до заданных значений.

I.I5. Рабочий бассейн - емкость, заполненная жидкостью и служащая для хранения источников (облучателя) в нерабочем положении, а в установках с жидкостной защитой и для помещения объекта облучения.

I.16. Загрузочный бассейн - емкость, заполненная жидкостью, обеспечивающей защиту от гамма-излучения при загрузке, догрузке и смене источников (облучателя) установки.

I.17. Сухой способ загрузки - способ загрузки облучателя источниками излучения непосредственно из транспортного контейнера или с использованием защитной камеры.

I.18. Жидкостной способ загрузки - способ загрузки облучателя источниками излучения с использованием загрузочного бассейна.

I.19. Обмывочный бак - емкость, предназначенная для обмыва и дезактивизации транспортных контейнеров.

I.20. Операторская - помещение постоянного пребывания персонала, в котором расположены пульты управления и контроля за работой установки.

I.21. Смежное помещение - помещение, непосредственно примыкающее к рабочей камере и отделенное от нее стационарной защитой от гамма-излучения.

I.22. Технологические каналы - каналы, проходящие сквозь защиту установок и предназначенные для подводки к рабочей камере различных коммуникаций (газовых, водных и т.п.) и обеспечивающие уменьшение уровней отраженного гамма-излучения до заданных значений.

I.23. Хранилище источников - защитное устройство для хранения отдельных источников излучения (облучателя) в перерывах между облучением объектов в рабочей камере (рабочем объеме).

I.24. Радиационная технология - технология, при которой получение веществ или обработка объектов осуществляется воздействием на них ионизирующих излучений.

I.25. Радиационная техника - установки для осуществления радиационной технологии.

I.26. Запретный период - минимальное время между окончанием облучения и разрешением входа в рабочую камеру, необходимое для

уменьшения концентрации токсических веществ в ней до заданных величин за счет ее вентилирования.

I.27. Система сигнализации - система, информирующая о режиме работы установки путем подачи световых и (или) звуковых сигналов.

I.28. Блокировка - совокупность методов и средств, применяемых для предотвращения аварий.

I.29. Турникет - устройство, регистрирующее количество людей прошедших на территорию радиационно-опасной зоны установки "Гамма-поле" и сигнализирующее об этом.

I.30. Радиационная авария - ситуация (инцидент) которая привела или могла бы привести к внешнему или внутреннему облучению людей, радиоактивному загрязнению окружающей среды и объектов облучения выше допустимых величин.

I.3I. Персонал (обслуживающий персонал) - лица, которые непосредственно работают на установке или по роду своей деятельности могут подвергаться облучению.

I.32. Контролируемая зона - помещение или территория установки, где возможно получение персоналом дозы, превышающей 0,3 годовой предельно допустимой (приложение I, категория А).

I.33. Наблюдаемая зона - помещения или территория, расположенные по соседству с установкой (смежные помещения и т.п.), где дозы облучения могут превысить предел дозы, установленной для отдельных лиц из населения (приложение I, категория Б).

I.34. Радиационно-опасная зона - зона, в пределах которой мощность экспозиционной дозы гамма-излучения превышает 0,I мР/ч.

2. Общие положения.

2.I. Степень радиационной опасности при эксплуатации гамма-установок определяется возможностью:

а) внешнего и внутреннего облучения;

б) радиоактивного загрязнения окружающей среды, в том числе и объектов облучения.

2.2. Нерадиационными источниками вредных воздействий являются:

а) озон и окислы азота, образующиеся в результате ионизации воздуха;

б) токсические вещества, поступающие в воздух помещений из объектов облучения;

в) взрыво- и пожароопасные вещества, облучаемые на установке или образующиеся в процессе облучения;

г) гремучий газ, образование которого возможно при подводном хранении источников (облучателя);

д) химические агрессивные среды, образующиеся при проведении некоторых радиационных процессов.

2.3. По характеру проводимых радиационных процессов установки разделяются на две группы:

I группа - установки промышленного , полупромышленного и научно-исследовательского типов, предназначенные для облучения взрывоопасных объектов;

II группа - установки промышленного, полупромышленного и научно-исследовательского типов, на которых облучение взрывоопасных объектов не предусмотрено.

Примечание: На установках II группы в исключительных случаях допускается при соблюдении противовзрывных мер облучение взрывоопасных веществ, при возможном взрыве которых не произойдет повреждений облучателя.

2.4. В зависимости от проектной мощности облучателя установки разделяются на три категории:

I категория - с активностью облучателя более 5.10^5 кюри;

II категория - с активностью облучателя от 5.10^3 до 5.10^5 кюри;

III категория - с активностью облучателя от 500 до 5.10^3 кюри;

2.5. Проекты вновь строящихся установок подлежат обязательному согласованию с Главным санитарно-эпидемиологическим управлением (ГСЭУ) МЗ СССР. Реконструкция установок, изменение технологического процесса облучения допускается по согласованию с органами государственного санитарного надзора по усмотрению местной санэпидслужбы.

2.6. Техническая документация установок (технические условия, техническое описание, инструкции по монтажу и эксплуатации установки, ее загрузке и перегрузке, патентный формуляр и т.п.) подлежит обязательному согласованию с органами государственного санитарного надзора.

2.7. Установки до их пуска в эксплуатацию должны быть приняты комиссией, в состав которой входят представители администрации учреждения, местной санэпидслужбы, технической инспекции профсоюзов, органов внутренних дел и других заинтересованных организаций.

2.8. Загрузка установок должна осуществляться закрытыми радиоизотопными источниками излучения, изготовленными в соответствии с техническими условиями, утвержденными в установленном порядке.

2.9. В том случае, когда предполагается эксплуатация источников излучения в экспериментальных условиях (в агрессивных технологических средах, при наличии механических, термических и других воздействий) требуется ампулирование источников в дополнительные специальные оболочки из наиболее устойчивых в данных условиях материалов, электрохимически совместимыми с оболочкой источника и конструктивными материалами облучателя, или применение других технических решений, обеспечивающих герметичность источников излучения.

2.10. Транспортировка источников, предназначенных для загрузки установок осуществляется в соответствии с требованиями правил безопасной перевозки радиоактивных веществ № 1139—73.

2.II. Персонал, поступающий на работу по обслуживанию установок, должен подвергаться обязательным предварительным медицинским осмотрам. Принятый на работу персонал должен проходить периодический медицинский осмотр (один раз в год). При выявлении отклонений в состоянии здоровья работающих, препятствующих продолжению работ с источниками ионизирующих излучений, вопрос о временном или постоянном переводе этих лиц на работу вне контакта с ионизирующими излучениями решается в каждом случае индивидуально на основании приказа Министра здравоохранения СССР № 400 от 30 мая 1969 г. Все сведения о результатах медицинских осмотров заносятся в индивидуальные карты и хранятся в течение 30 лет после увольнения сотрудника.

2.I2. К обслуживанию установок допускаются лица не моложе I8 лет.

2.I3. Женщины должны освобождаться от работы на установке, связанной с воздействием ионизирующих излучений, на весь период беременности.

2.I4. На основании настоящих Правил администрация учреждения разрабатывает инструкцию по технике безопасности при эксплуатации установки с учетом особенностей проводимых на ней работ и инструкцию по ликвидации аварии. Эти инструкции утверждаются администрацией учреждения и согласовываются с местной санэпидслужбой и Госпожнадзором.

2.I5. Администрация учреждений должна разработать и утвердить должностные инструкции персонала установки на основании настоящих Правил, в развитие Правил внутреннего распорядка и инструкций, упомянутых в п. 2.I4.

2.I6. Ответственность за обеспечение безопасности работ на установке несет администрация учреждений и руководители работ.

2.I7. Лица, принятые на работу, должны быть обучены безопасным методам работы, знать правила пользования санитарно-техническими

ми устройствами, защитными приспособлениями и правила личной гигиены. К работе на установке допускаются лица, прошедшие аттестацию в соответствующей комиссии учреждения. Периодическая проверка знаний персоналом должностных инструкций и инструкций по технике безопасности проводится не реже одного раза в год. Результаты этих проверок регистрируются в специальном журнале (картах инструктажа).

2.18. Лица, временно привлекаемые к работе на установках (прикомандированные, ремонтные рабочие и др.), перед началом работы должны быть ознакомлены с инструкцией по технике безопасности, с регистрацией результатов проверки знаний в специальном журнале.

2.19. Администрация учреждения обязана определить перечень лиц, работающих в контролируемой и наблюдаемых зонах.

2.20. На поверхности установок с неподвижным облучателем, на поверхности защиты, входных дверей и т.п. стационарных установок, на границе радиационно-опасной зоны должны иметься знаки радиационной опасности и предупреждающие плакаты, надписи, отчетливо видимые с расстояния не менее 3 м.

2.21. Доступ персонала и транспортных средств на территорию установок типа "Гамма-поле" осуществляется по разовым пропускам, подписанным руководителем учреждения.

3. Размещение установок

3.1. Установки I группы всех категорий и II группы I категории должны располагаться в отдельно стоящих зданиях.

Допускается размещение вышеуказанных установок в пристройках, в помещении цеха и т.д., если это обусловлено необходимостью обеспечения непрерывности технологического процесса при согласовании с местной санэпидслужбой.

3.2. Установки I группы предпочтительно размещать вне жилых районов и районов перспективного жилищного строительства городов.

3.3. Установки II группы 2 и 3 категорий могут располагаться в пристройках и цокольных этажах зданий, в помещении цеха и т.д.

3.4. Транспортабельные и передвижные установки могут быть размещены в любом помещении, перекрытия которого способны выдержать вес установки. Допускается размещение нескольких установок в одном помещении по согласованию с местной санэпидслужбой. Размеры помещения определяются габаритами установки и проводимыми на ней работами в соответствии с СН 245-71.

3.5. Установки типа "Гамма-поле" располагаются на специально отведенных площадках с ограждением и охраной радиационно-опасной зоны (дисциплинирующие барьеры, ограда, насыпной земляной вал и т.д.

3.6. На территории установок типа "Гамма-поле" должна быть дорога с твердым покрытием от пульта управления и турникета до установки.

3.7. Изложенные в данном разделе требования обязательны для всех проектируемых установок. Степень распространения этих требований на действующие или строящиеся установки решается в каждом конкретном случае по согласованию с местной санэпидслужбой.

3.8. Санитарно-бытовые помещения установок должны быть оборудованы в соответствии со "Строительными нормами и правилами II-М.3-68". "Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий. Нормы проектирования".

4. Требования к защите установок

4.1. Защита от гамма-излучения должна проектироваться таким образом, чтобы суммарная доза облучения персонала и лиц, работающих в наблюдаемой зоне, не превышала величин, указанных в приложении I.

4.2. Проектирование защиты производится исходя из величины мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на поверхности защиты

с учетом назначения помещений установки в зависимости от категории облучаемых лиц и длительности облучения (приложение 2).

4.3. Технологические каналы и лабиринты, проходящие в толще защиты, должны проектироваться таким образом, чтобы кратность ослабления излучения в месте их прохождения была не ниже расчетной для всей защиты. В проекте на чертежах должны быть нанесены все технологические каналы и лабиринты с указанием их размеров, формы и места расположения.

4.4. На установках, оборудованных конвейером, должна быть исключена возможность попадания людей в рабочую камеру через отверстия входа и выхода конвейера.

4.5. Вход в рабочую камеру установок с сухим и смешанным способом защиты должен осуществляться через лабиринт или защитную дверь. Возможно также одновременное применение обоих способов защиты.

4.6. Вход в радиационно-опасную зону установки типа "Гамма-поле" должен осуществляться через турникет.

4.7. Бассейн установки с водной защитой должен иметь ограждения или крышку, предотвращающие случайное падение в него человека.

4.8. На установках типа "Гамма-поле" перед эксплуатацией снимается гамма-картограмма на границе радиационно-опасной зоны и определяется ее соответствие расчетным данным.

4.9. Во время приемки установки в эксплуатацию должен быть проведен контроль эффективности защитных сооружений, результаты которого регистрируются в акте приемки.

5. Системы блокировки и сигнализации

А. Установки с сухим и смешанным способами защиты

5.I. Все установки должны иметь надежные системы блокировки и сигнализации. В случае неисправности хотя бы одной из этих систем эксплуатация установки запрещается до устранения неисправности.

5.2. Каждая установка должна быть оборудована не менее чем двумя полностью независимыми системами блокировки входной двери в рабочую камеру. Одна система блокировки должны быть обязательно связана с мощностью экспозиционной дозы гамма-излучения, вторая - с системой перемещения источников излучения (облучателя).

5.3. Системы блокировки могут быть основаны, в частности, на использовании

а) датчиков дозиметрических приборов, установленных в рабочей камере;

б) датчиков дозиметрических приборов, установленных в лабиринте;

в) концевых да чиков, сигнализирующих о нахождении облучателя в положении хранения и т.п.

5.4. При отключении энергопитания входная дверь должна оставаться заблокированной, а источник должен переводиться в положение хранения, если оставление его в рабочем положении может привести к радиационной аварии.

5.5. Ключ от замка входной двери в рабочую камеру должен находиться в специальном гнезде на пульте управления. При вынимании ключа из гнезда облучатель должен автоматически переводиться в положение хранения. При вынутом ключе подъем облучателя в рабочее положение должен быть исключен.

5.6. Установки должны быть оборудованы системой блокировки, не позволяющей закрыть дверь без предварительного захода в рабо-

чую камеру. Указанная система выключается ответственным дежурным в рабочей камере. Ответственный дежурный покидает рабочую камеру последним, убедившись в отсутствии в ней людей.

5.7. При незапертой входной двери должна исключаться возможность подъема облучателя в рабочее положение. Над входом в рабочую камеру должен быть установлен сигнализатор, информирующий о положении источников (облучателя).

5.8. В рабочей камере должна быть установлена звуковая и световая сигнализация, предупреждающие о необходимости немедленно покинуть рабочую камеру и лабиринт при переводе источников излучения (облучателя) в рабочее положение.

5.9. Вход в радиационно-опасную зону установки разрешается только в установленном для данного учреждения порядке в сопровождении ответственного дежурного (оператора, дозиметриста), имеющего при себе дозиметрический прибор.

5.IO. На пульте управления установки должны быть установлены сигнализаторы, информирующие о положении облучателя и величине мощности экспозиционной дозы излучения в рабочей камере и лабиринте, и обеспечена внешняя и внутренняя телефонная связь.

5.II. В рабочей камере и в лабиринте должны быть установлены легко доступные устройства аварийного сброса облучателя и запрета на подъем его.

5.I2. Система блокировки входной двери в рабочую камеру должна отключаться только после окончания запретного периода.

5.I3. Установки, оборудованные монтажными люками, должны иметь системы блокировки этих люков, к которой предъявляются те же требования, что и к системе блокировки входной двери в рабочую камеру.

Примечание: В тех случаях, когда монтажные люки предназначены только для загрузки и перегрузки установки, допускается вместо оборудования системы блокировки запирать люк изнутри рабочей камеры.

5.14. По всему периметру радиационно-опасной зоны установки типа "Гамма-поле" должна быть смонтирована охранная сигнализация, включающая:

а) световые сигналы и ревуны;

б) освещение границы радиационно-опасной зоны в ночное время специальными светильниками;

в) системы громкоговорителей связи, динамики которой установлены по периметру радиационно-опасной зоны;

г) мониторы телевизионных установок.

5.15. Информация об неисправности систем сигнализации должна поступать на пульт управления установки.

5.16. В проходной установки типа "Гамма-поле" должны быть установлены счетчики, регистрирующие количество людей, находящихся на территории установки. Подъем облучателя должен быть исключен, если счетчик информирует, что на территории остались люди. Перед выведением облучателя в рабочее положение должна включаться звуковая сигнализация, слышимая на всей территории опасной зоны.

5.17. При неисправности хотя бы одной из систем блокировки или умышленном снятии одной из предусмотренных проектом блокировок подъем облучателя должен быть исключен.

Б. Установки с водным и смешанным способами защиты.

5.18. Эти установки должны быть оборудованы звуковой и световой сигнализацией, информирующей об изменении мощности экспозиционной дозы в рабочей камере и уровня воды в бассейне.

5.I9. Установки с водным и смешанным способами защиты должны быть оборудованы системами автоматического поддержания уровня воды в бассейне.

Установки этого типа должны иметь систему аварийного наполнения водой бассейна и (или) другую систему защиты, обеспечивающую снижение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения над бассейном до допустимой величины в случае аварийного вытекания воды из него.

5.20. Помещения зданий установок с водным и смешанным способами защиты, смежные с помещением, где находится бассейн, должны быть оборудованы системами сигнализации о превышении мощности экспозиционной дозы гамма-излучения в случае аварийного вытекания воды из бассейна.

6. Требования к вентиляции

6.I. Вентиляция помещений мощных гамма-установок предназначена для удаления:

а) озона и окислов азота, образующихся в результате радиолиза воздуха на установках с сухим и смешанным способами защиты;

б) других химических агрессивных соединений и токсических веществ, поступающих в воздушную среду в процессе облучения;

в) избытков тепла из рабочей камеры.

6.2. При нахождении облучателя установок с сухим и смешанным способами защиты в рабочем положении вентиляция должна работать непрерывно. Производительность работы вентиляции рабочей камеры должна быть не ниже следующих значений для установок:

I категории до 20-ти кратного воздухообмена в час;

II категории до I5-ти кратного воздухообмена в час;

III категории до I0-ти кратного воздухообмена в час.

6.3. Системы вентиляции должны обеспечивать снижение концентрации токсических веществ до допустимых величин:

а) в воздушной среде операторских и других смежных с рабочей камерой помещений;

б) в рабочей камере после окончания облучения (по истечении запретного периода).

6.4. Рабочая камера должна быть оборудована вытяжной и (или) приточной вентиляцией - в зависимости от категории установок и объема рабочей камеры в соответствии с общими требованиями устройства промышленной вентиляции. Часть концевых отростков вытяжной вентиляции следует располагать возможно ближе к местам образования (утечек) токсических веществ со стороны, противоположной притоку.

6.5. Продолжительность запретного периода определяется расчетом (приложение 3). Вход в рабочую камеру во время запретного периода должна предотвращать специальная система блокировки.

6.6. В установках I группы допускается отключение вентиляции при нахождении облучателя в рабочем положении при условии заполнения рабочей камеры инертным газом (Например, азотом, содержащим кислород не более I-2%)с необходимым подпором (5-I0 мм водного столба), исключающим возможность попадания в камеру воздуха из смежных помещений.

6.7. Воздухообмен в операторской и других смежных с рабочей камерой помещениях проектируется в соответствии с СН-245-7I.

6.8. Помещения, в воздушную среду которых возможно попадание токсических веществ из рабочей камеры, должны оборудоваться приточной вытяжной вентиляцией с превалированием притока над вытяжкой.

6.9. При проектировании общеобменной приточно-вытяжной вентиляции помещений установок с водным способом защиты необходимо предусмотреть удаление тремучего газа.

6.I0. Все вентиляторы должны иметь сигнализацию (световую, звуковую) с выводом на пульт управления, оповещающую о неполадках в работе или остановке вентилятора.

6.II. На установках I группы должно быть предусмотрено устройство аварийной вентиляции, сблокированной с газоанализаторами, которые настроены на допустимую концентрацию взрыво-опасных веществ.

6.I2. Воздухообмен в помещениях, где размещены установки с неподвижным облучателем и сухим способом защиты, должен определяться с учетом специфики проводимых в данном помещениях работ и возможности выделения вредных веществ в воздушную среду.

6.I3. Допускается не предусматривать очистку выбрасываемого воздуха, если путем рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе при наиболее неблагоприятных условиях для данной местности их концентрация не будет превышать допустимых величин.

7. Загрузка, догрузка и смена источников излучения.

7.I. Проведение загрузки (догрузки и смены) источников излучения должно осуществляться в соответствии с "Методическими указаниями по проведению радиационного контроля при загрузке, догрузке и смене источников ионизирующих излучений мощных изотопных установок" (МУ) № I00I—72.

7.2. Источником повышенной радиационной опасности при загрузке и догрузке источников излучений может быть внешнее облучение от контейнеров или недостаточно защищенных источников, а при смене их также и разгерметизация источников и, как следствие, радиоактивное загрязнение помещений и оборудования установки.

7.3. Загрузка (догрузка, смена) источников могут осуществляться сухим (с использованием защитной камеры, перегрузочного или непосредственно транспортного контейнера) и подводным способами, что определяется проектом установки.

7.4. Загрузка установки источниками излучения производится постадийно; отдельными источниками (или кассетой с источниками). При этом контролируются уровни излучения:

а) на наружных поверхностях защиты рабочей камеры при рабочем положении облучателя;

б) на поверхности хранилища источников излучения при нахождении облучателя в положении хранения.

При соответствии этих величин расчетным данным установка загружается последующими источниками (или кассетами) с десятикратным увеличением их активности.

Примечание: При измерении уровня излучения необходимо обращать особое внимание на места прохождения технологических каналов.

7.5. После загрузки каждого источника (кассеты) должно быть получено детальное распределение поля гамма-излучения (гамма-картограмма) на наружных поверхностях рабочей камеры и в смежных помещениях (источник - в рабочем положении), а также в рабочей камере при нахождении источников в положении хранения.

7.6. В случае обнаружения превышения расчетных величин гамма-излучения необходимо устранить дефект в защите.

Последующие стадии загрузки установки осуществляются аналогичным образом до загрузки ее до номинальной активности.

7.7. Каждая стадия загрузки установки оформляется промежуточным актом, а после окончания загрузки составляется окончательный акт, и приемная комиссия подготавливает сводное заключение для санэпидслужбы о готовности объекта в целом к приемке в эксплуатацию.

7.8. Загрузка (догрузка,смена) источников должна осуществляться специализированной организацией. Допускается проведение указанных работ персоналом, который должен быть для этого специально обучен и иметь согласованную с местной санэпидслужбой подробную инструкцию по технологии проведения работ и радиационной безопасности.

Персонал, участвующий в загрузке (догрузке,смене) источников, должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты.

7.9. Помещения, в которых производится загрузка (догрузка, смена) источников, должны быть оборудованы сигнально-измерительной дозиметрической аппаратурой.

7.10. В целях устранения опасности загрязнения источников излучения компонентами технологического процесса запрещается проводить монтажные работы с химико-технологической аппаратурой установок во время загрузки (догрузки,смены) источников.

7.11. Перед загрузкой установки источниками излучения проверяют работоспособность всех ее узлов путем имитации процесса загрузки, догрузки и смены источников с использованием их неактивных макетов.

7.12. Транспортные контейнеры с источниками, предназначенными для загрузки подводным способом, должны иметь канал для стока воды изнутри контейнера. Радиоактивное загрязнение их наружных и внутренних поверхностей не должно превышать допустимых величин.

7.13. Все операции по загрузке (догрузке,смене) источников излучения должны проводиться под непрерывным радиационным контролем.

7.14. При загрузке должно быть исключено попадание негерметичных источников в хранилище установки.

7.15. При разработке технического проекта на установку рекомендуется предусматривать мероприятия по определению надежности источников излучения по истечению их гарантийного срока для оценки возможности дальнейшего использования этих источников.

7.16. После окончания загрузки (догрузки) установки (или смены источников излучения) и проверки ее работы приемная комиссия составляет акт, на основании которого местная санэпидслужба выдает разрешение на эксплуатацию установки.

8. Радиационный контроль

8.1. Радиационный контроль на установках, а также контроль за соблюдением всеми работающими норм и правил радиационной безопасности осуществляется службой радиационной безопасности данного учреждения.

В том случае, когда в учреждении не проводится никаких других работ с источниками ионизирующих излучений, служба радиационной безопасности должна быть организована непосредственно на установке. Численный состав службы (в зависимости от объема и характера проводимых работ), ее права и обязанности определяются администрацией учреждения по согласованию с местной санэпидслужбой.

8.2. Основные задачи службы радиационной безопасности следующие:

- контроль за радиационной обстановкой и индивидуальным облучением персонала;
- организация и контроль за прохождением персоналом вводного и периодического инструктажа;
- организация и контроль за прохождением персоналом медицинских осмотров;
- составление планов и годовых отчетов о работе службы радиационной безопасности.

8.3. В проекте установки должно быть предусмотрено помещение для службы радиационной безопасности и ее оснащение современной аппаратурой, для проведения соответствующих замеров и анализов. Набор помещений определяется на стадии технического проектирования и зависит от проводимых процессов и типа установки.

8.4. Служба радиационной безопасности осуществляет контроль внешних потоков излучений, загрязнений окружающей среды и индивидуального облучения персонала.

8.5. Служба радиационной безопасности осуществляет контроль:

а) уровней внешнего облучения на рабочих местах;

б) эффективности защиты (периодический);

в) радиоактивной загрязненности отдельных (контрольных) участков рабочих поверхностей и оборудования не реже I раза в квартал;

г) радиоизотопной чистоты облученной промышленной продукции;

д) радиоактивной загрязненности воды в бассейнах (для установок с водной и смешанной защитой);

е) исправности систем блокировки и сигнализации.

8.6. Контроль индивидуального облучения персонала должен обеспечивать определение доз внешнего облучения с помощью индивидуальных дозиметров.

8.7. Необходимо обеспечивать персонал установок аварийными дозиметрами.

8.8. Для лиц работающих в контролируемой зоне обязателен индивидуальный дозиметрический контроль.

Для лиц работающих вне контролируемой зоны (в том числе и в наблюдаемой зоне) индивидуальный контроль не требуется.

8.9. Проведение систематического индивидуального контроля персонала установок с неподвижным облучателем и сухим способом защиты необязательно.

8.10. Администрация обязана организовать контроль за содержанием токсических и агрессивных веществ в окружающей среде, а также за исправностью и эффективностью работы вентиляции.

8.11. Объем и периодичность радиационного контроля, а также учет и порядок регистрации результатов его определяются в каждом конкретном случае администрацией данного учреждения по согласованию с органами санэпидслужбы с учетом особенностей выполняемых на установке работ.

8.12. Результаты контроля индивидуального облучения персонала должны регистрироваться. На всех лиц, работающих на установках, заводятся индивидуальные карточки, в которых регистрируются квартальные и годовые дозы внешнего облучения персонала, а также суммарные дозы облучения за весь период работы.

8.13. Индивидуальные карточки доз облучения персонала должны храниться в учреждении в течении 30 лет после увольнения работника. В случае перехода работающего в другое учреждение, где проводятся работы с источниками ионизирующих излучений, копия индивидуальной карточки после предварительного запроса должна передаваться на новое место работы.

8.14. Кроме периодических замеров радиационный контроль должен проводиться во всех случаях, когда возможно изменение контролируемых параметров (особенно эффективности защиты при появлении видимых трещин или после переделки технологических каналов и т.п.).

8.15. Радиационный контроль при загрузке, догрузке и смене источников ионизирующих излучений должен проводиться в соответствии с "МУ" № 1001—72.

8.16. Периодичность профилактического осмотра и проведения ремонтно-профилактических работ устанавливается администрацией учреждения.

Все ремонтно-профилактические работы должны проводиться под радиационным контролем в соответствующей спецодежде или защитной одежде.

8.I7. Персонал, проводящий ремонтно-профилактические работы на установке должен быть обеспечен как индивидуальными так и аварийными дозиметрами.

8.I8. Проекты новых и реконструкция действующих установок должны быть согласованы со службами радиационной безопасности данного учреждения.

9. Предупреждение аварий и ликвидация их последствий.

9.I. Установки должны быть снабжены устройствами для принудительного дистанционного перемещения облучателя в положение хранения.

9.2. Все манипуляции с источниками должны проводиться таким образом, чтобы исключить их механическое повреждение. В конструкции установок должны быть предусмотрены устройства, уменьшающие или исключающие возможность ударов, вибрации и истирания оболочек источников.

9.3. При проектировании установок I и II категории с сухим и смешанным способами защиты и облучателем общей активностью свыше $3 \cdot I0^4$ кюри необходимо проводить расчеты теплового режима источников. Для установок со смешанным способом защиты расчет проводится для источников, находящихся в рабочем положении. Необходимо также учитывать влияние тепловых нагрузок на конструкционные элементы установок.

Если температура поверхности оболочек источников может превысить величину, допустимую техническими условиями на источник необходимо предусмотреть принудительное охлаждение. При конструи-

рования системы охлаждения облучателя следует принимать меры к уменьшению конденсации влаги на его поверхности.

При воздушном способе охлаждения источников необходимо предусмотреть очистку удаляемого воздуха с помощью фильтров.

9.4. При проектировании установок I категории с сухим и смешанным способами защиты необходимо проведение расчета теплового воздействия на бетон. В случае необходимости следует предусмотреть мероприятия по предотвращению внутреннего перегрева бетона.

9.5. Установки должны проектироваться таким образом, чтобы исключить возможность проникновения в них грунтовых и подземных вод. Наивысший уровень грунтовых вод не должен быть выше уровня воды в бассейне.

9.6. Облучатель установки типа "Гамма-поле" должен быть защищен от метеорологических осадков.

9.7. Если защита от гамма-излучения изготовлена из легкоплавких материалов (свинец и т.п.), то их необходимо заключать в оболочки из тугоплавких материалов.

9.8. В проектах установок с водным и смешанным способами защиты I и II категории должен быть проведен расчет времени образования взрывоопасной концентрации гремучего газа в рабочей камере при выключенной системе вентиляции и облучателе, находящемся в положении хранения. Для плохо вентилируемых участков (пространство между зеркалом воды и крышкой бассейна установки, замкнутый объем и т.д.) подобный расчет должен быть проведен и для случая, когда вентиляция включена.

В зависимости от результатов расчета должна быть предусмотрена непрерывно работающая система вентиляции, либо оговорены допустимые перерывы в ее работе, при которых исключено образование взрывоопасных концентраций гремучего газа, либо предусмотрено устройство для отвода гремучего газа из плохо вентилируемых участков.

9.9. На установках II группы разрешается проведение облучения небольших количеств взрывоопасных веществ лишь в специальных баллонах, способных выдержать взрив данного количества вещества.

9.10. На установках I группы необходимо предусмотреть автоматические, дублирующие друг друга системы, которые при возникновении угрозы взрыва (например, при повышении температуры или давления в рабочем объеме выше допустимого уровня) переводили бы облучатель в положение хранения и информировали оператора о предаварийном режиме установки.

9.11. Конструкция гамма-установки, в котором происходит облучение взрывоопасного вещества, должна обеспечивать целостность облучателя во время взрыва, отвод взрывных газов из аппарата необходимо устраивать с таким расчетом, чтобы исключить возможность повреждения облучателя. Все оборудование в рабочей камере установок 1 группы должно быть выполнено во взрывобезопасном исполнении. Необходимо предусмотреть системы автоматического отпетушения.

9.12. Защита рабочей камеры должна противостоять возможному взрыву; вход в рабочую камеру должен быть защищен противовзрывной дверью. В случае необходимости могут быть предусмотрены вышибные потолки и т.п. устройства, если они не снизят эффективности защиты от гамма-излучения.

9.13. Для экстренного определения уровней облучения персонала при радиационной аварии на установках необходимо иметь гамма-картограмму полей излучения в рабочей камере и лабиринте.

9.14. Пол и стены рабочей камеры, помещений загрузки и перегрузки установки, временного хранения радиоактивных отходов должны быть покрыты малосорбирующим, легко дезактивируемым материалом, стойким к мощным полям гамма-излучения.

Оборудование должно быть изготовлено из малосорбирующего материала или покрыто им и иметь гладкие поверхности.

9.15. Бассейны для хранения источников излучения должны быть изнутри герметично отделаны нержавеющей сталью, а снаружи иметь надежную гидроизоляцию.

Все оборудование бассейна (подъемные устройства, ловители и др.) должно быть изготовлено из одного металла, желательно из нержавеющей стали.

9.16. Установки с подводным хранением источников должны иметь загрузочный бассейн, который в случае необходимости должен быть герметично отделен от рабочего бассейна. Этот бассейн предназначен:

а) для загрузки и перегрузки установки;

б) для проведения ремонтно-профилактических и аварийных работ в рабочем бассейне;

в) для обеспечения возможности дезактивации бассейнов.

Мощность экспозиционной дозы в любой точке незаполненного водой бассейна при источниках, находящихся в другом бассейне в положении хранения, не должна превышать 2,8 мР/ч.

Если конструкция рабочего бассейна позволяет проводить вышеуказанные операции, то наличие загрузочного бассейна не обязательно.

9.17. Вода в бассейнах установки в случае достижения в ней концентрации радиоактивных изотопов, более чем в 10 раз превышающей среднегодовую допустимую концентрацию (СДК) для воды, подлежит обязательной дезактивации. После дезактивации вода может быть либо слита в канализацию, либо по рециркулярной системе перекачана обратно в бассейн, что должно быть оформлено специальным актом, в котором отмечается удельная активность воды до и после дезактивации.

9.I8. При разгерметизации источников излучения необходимо контролировать уровни радиоактивного загрязнения в наблюдаемой зоне и на окружающей территории.

9.I9. На участке отводящего трубопровода от бассейна до очистного устройства необходимо использовать трубы из нержавеющей стали.

9.20. На установках, предназначенных для проведения радиационно-химических процессов, вода в бассейнах должна регулярно контролироваться на содержание в ней агрессивных технологических примесей. В случае, если содержание этих примесей превышает допустимые величины концентраций, вода должна быть очищена или заменена.

9.2I. Срок службы фильтров определяется по потере фильтрующей способности или внешнему излучению от них, вызванному сорбцией радиоактивных веществ. Загрязненные фильтры подлежат захоронению или регенерации.

9.22. При проектировании установок должны быть предусмотрены:

а) помещение для хранения и переодевания средств индивидуальной защиты, необходимых для проведения ремонтно-профилактических и аварийных работ; в этом помещении должно быть предусмотрено горячее и холодное водоснабжение;

б) оборудование и способы проверки герметичности оболочек источников в процессе эксплуатации стационарных установок;

в) возможность временного хранения радиоактивных отходов.

9.23. При всех режимах эксплуатации установки в производственных условиях должно исключаться любое радиоактивное загрязнение облучаемых объектов.

9.24. Для предотвращения образования агрессивных сред в облучаемом объеме необходимо предусматривать необходимые мероприятия по их удалению (организация воздухообмена, продувка и пр.).

9.25. Каждый головной образец передвижных и транспортабельных серийных установок необходимо подвергать испытанию на механические нагрузки, которые могут встретиться в процессе их эксплуатации.

9.26. В проектах установок и инструкциях по эксплуатации должны быть даны рекомендации по ликвидации последствий возможных радиационных аварий.

9.27. При загрузке (догрузке, смене) источников излучения и эксплуатации установок запрещается выполнение каких-либо операций, не предусмотренных должностными инструкциями, инструкциями по технике безопасности и радиационной безопасности и другими нормативными документами, за исключением действий, направленных на предотвращение крупных аварий, переоблучения большого числа людей и спасение их жизни.

9.28. Работы на установках под повышенным давлением необходимо согласовывать с санэпидслужбой и Госгортехнадзором.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящие Правила распространяются на все проектируемые, строящиеся и действующие мощные гамма-установки и вводятся в действие с момента их опубликования.

В тех случаях, когда для переоборудования действующих установок в соответствии с требованиями настоящих Правил необходимы крупные капитальные затраты, вопрос об их переоборудовании решается в каждом конкретном случае отдельно по согласованию с санэпидслужбой.

С изданием настоящих Правил "Санитарные правила устройства и эксплуатации мощных изотопных гамма-установок" №482-64 и "Санитарные правила устройства и эксплуатации мощных изотопных гамма-установок с неподвижным облучателем" № 774-68 отменяются.

Приложение I.

Допустимые уровни вредных воздействий

I.I. Исходя из возможных последствий влияния ионизирующих излучений на организм человека устанавливаются следующие категории облучаемых лиц:

Категория А - персонал;

Категория Б - отдельные лица из населения;

Категория В - население в целом (при оценке генетически значимой дозы облучения).

I.2. Предельно допустимые дозы (ПДД) внешнего и внутреннего облучения устанавливаются для четырех групп критических органов (таблица I.I.).

I.3. Радиоактивное загрязнение наружных поверхностей оборудования, инструмента, лабораторной посуды, аппаратуры, поверхностей рабочих помещений, а также отделений для хранения спецодежды не должно превышать величин, приведенных в таблице I.2.

I.4. Радиоактивное загрязнение спецодежды, средств индивидуальной защиты и кожных покровов персонала (категория А.) не должно превышать величин, приведенных в таблице I.3.

I.5. Среднегодовые допустимые концентрации (СДК) рассчитаны по наиболее жестким величинам предельно допустимых поступлений (ПДП) и пределов годового поступления (ППП) и служат только для оценки возможного суммарного годового поступления радиоактивных изотопов с воздухом и водой (пищей) (таблица I.4.)

I.6. Доза облучения всего организма, гонад или красного костного мозга отдельного лица из персонала (категория А) не должна превышать дозу, определенную по формуле:

$$Д = 5 (N - 18) \qquad (I.I)$$

где: Д - доза, бэР; N - возраст, годы. Во всех случаях доза, накопленная в возрасте 30 лет, не должна превышать 60 бэР.

Таблица I.I.

Предельно допустимые дозы внешнего и внутреннего облучения персонала и пределы дозы внешнего и внутреннего облучения отдельных лиц из населения

Группа критических органов или тканей	Критические органы или ткани	ПДД облучения персонала, бэР		Предел дозы для отдельных лиц из населения, бэР/год
		за квартал	за год	
I	2	3	4	5
I	Все тело, гонады, красный костный мозг	3 x)	5	0,5
II	Любой отдельный орган, кроме гонад, красного костного мозга, костной ткани, щитовидной железы, кожи, а также кистей, предплечий, лодыжек и стоп.	8	I5	I,5
III	Костная ткань, щитовидная железа, кожный покров всего тела (кроме кожи кистей и предплечий, лодыжек и стоп)	I5	30	3 xx)
IУ	Кисти, предплечья, лодыжки и стопы	40	75	7,5

x) За исключением женщин в возрасте до 30 лет.

xx) Предел дозы для щитовидной железы детей и подростков моложе I6 лет установлен в I,5 бэР/год.

Таблица I.2.

Допустимые уровни загрязнения поверхностей рабочих помещений, наружных поверхностей и оборудования, частиц/см^2 . мин.

Объект загрязнения	Бета-излучающие изотопы
I. В рабочих помещениях:	
а) постоянного пребывания	2000
б) периодического пребывания	8000
2. Поверхности транспортных средств x)	I00

x) Для гамма-излучателей мощность дозы в любой точке, находящейся на расстоянии 0,I м от поверхности транспортных средств не должна превышать 0,1мР/ч при отсутствии в них упаковок (контейнеров) с радиоактивными веществами.

Таблица I.3.

Допустимые уровни загрязнения радиоактивными веществами средств индивидуальной защиты и кожных покровов, частиц/см^2. мин.

Объекты загрязнения	Бета-излучающие изотопы
Кожные покровы	I00
Полотенца	I00
Спецбелье	I00
Внутренняя поверхность лицевых частей средств индивидуальной защиты	I00
Основная спецодежда	800
дополнительные средства индивидуальной защиты:	
а) внутренняя поверхность	800
б) наружная поверхность	8000

Примечание: Допустимые уровни загрязнения наружной поверхности перчаток, спецобуви и дополнительных средств индивидуальной защиты нормируются однозначно с допустимыми уровнями загрязнений поверхностей в рабочих помещениях, в которых используются эти средства защиты.

I.7. В случае аварийного облучения дозой до I0 бэР необходимо скомпенсировать ее так, чтобы в последующем периоде, не превышающем 5 лет, накопленная доза не превысила величину, определенную формулой (I.I.) Каждое внешнее облучение дозой до 25 бэР должно быть так скомпенсировано, чтобы в последующем периоде, не превышающем I0 лет, накопленная доза не превысила величину, определенную формулой (I.I.).

I.8. Министерства и ведомства, проектные организации, администрация учреждений, а также санэпидслужба должны принимать все необходимые меры для того, чтобы максимально снизить все уровни облучения, если они даже не превышают установленных в настоящее время предельно допустимых величин.

I.9. При совместном присутствии в воздухе нескольких химических токсических веществ, обладающих суммацией действия, сумма их

Таблица I.4.

Характеристики радиоактивных изотопов Co^{60} и Cs^{137}.

Изотоп	Состояние изотопа в соединении	Критический орган	Содержание в критическом органе, соответствующее ПДП для персонала, мккюри	ПГП для отдельных лиц из населения, мккюри/г		СДК, кюри/л		
				через органы дыхания	через органы пищеварения	Для персонала (в воздухе рабочих помещений).	Для отдельных лиц из населения	
							в атмосферном воздухе	в воде
Co^{60}	Раствор.	ЖК (НТК)[x]	-	80	39	$8{,}8 \cdot 10^{-12}$	$3 \cdot 10^{-13}$	$3{,}5 \cdot 10^{-8}$
		Весь организм	I3	87	-	-	-	-
	Нераствор.	Легкие	I,2	2,2	-	-	-	-
		ЖК (НТК)	-	-	28	-	-	-
Cs^{137}	Раствор.	Весь организм	33	I,6	I2	$I{,}4 \cdot 10^{-11}$	$4{,}9 \cdot 10^{-13}$	$I{,}5 \cdot 10^{-8}$
		Печень	3,5	-	I4	-	-	-
		Селезенка	0,34	-	I8	-	-	-
		Мышечная ткань	I4	-	I9	-	-	-
	Нераствор.	Легкие	2	3,6	-	-	-	-
		ЖК (НТК)	-	-	35	-	-	-

x) ЖК - желудочно-кишечный тракт; НТК - нижние отделы толстой кишки.

концентраций не должна превышать I (единицы) при расчете по формуле (I.2.)

$$\frac{C_I}{ПДК_I} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \ldots\ldots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq I \qquad (I.2.)$$

где: $C_I, C_2, \ldots, C_n$ – фактические концентрации вредных веществ в воздухе. В таблице I.5. приведены предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых вредных веществ в воздухе помещений установки, в большинстве случаев сопутствующих проведению радиационных процессов.

Таблица I.5.

ПДК некоторых вредных веществ в воздухе помещений установки, сопутствующих проведению радиационных процессов.

Вещества	Величина ПДК, мг/м³	Класс опасности x)	Агрегатное xx) состояние
I	2	3	4
Окислы азота (в пересчете на NO_2)	5	2	п
Озон	0,5	I	п
Акролеин	0,7	2	п
Аммиак	20	4	п
Ацетон	200	4	п
Бутиловый эфир 2,4 Δ	0,5	2	п + а
Гексахлорбензол	0,9+	2	п + а
Гидразин-гидрат, гидразин и его производные	0,I+	I	п
Дифениленпропан	0,5	3	а
Капролактам	I0	3	а
Кобальт металлический и окись кобальта	0,5	2	а
Кобальт гидрокарбонил и продукты его распада (по Co)	0,0I	I	п

I	2	3	4
Метил хлористый	5	2	п
Ртуть металлическая	0,0I	I	п
Свинец и его неорганические соединения	0,0I	I	а
Сероводород	I0+	2	п
Спирт метиловый (метанол)	5+	3	п
Трихлорэтилен	I0	3	п
Фористый водород	0,5	2	п
Фторопласт-4	I0	3	а
Хлор	I	2	п
Двуокись хлора	0,I	I	п
Хлорбензол	50+	3	п
Окись цинка	6	3	а
Щелочи едкие (растворы) в пересчете на Na_2O	0,5	2	а

х) По степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются на 4 класса: I - вещества чрезвычайно опасные; 2 - вещества высоко опасные; 3 - вещества умеренно опасные; 4 - вещества мало опасные.

хх) п - пары и (или) газы; а - аэрозоли; п + а - смесь паров и аэрозоля; "+" - опасны также при поступлении через кожу.

I.I0. Наиболее полные сведения по ПДК содержатся в "Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий" СН-245-71. Для вредных веществ, на которые ПДК не утверждены (в СН-245-7I), временные ПДК и условия применения этих веществ в каждом конкретном случае устанавливаются МЗ СССР.

Приложение 2.

Защита от гамма-излучения

Проектирование защиты установки производится исходя из величины мощности экспозиционной дозы гамма-излучения (P_0) на поверхности защиты (таблица 2.I.)

Таблица 2.I.

Значения P_0, используемые при проектировании защиты от гамма-излучения, мР/ч.

Категория облучения	Назначение помещений	Проектная мощность дозы P_0 (мР/ч) при: t =36ч	t =41ч
Категория А	Помещения постоянного пребывания персонала	I,4	I,2
	Помещения, в которых персонал пребывает не более I8 ч в неделю	2,8	2,4
	Необслуживаемые помещения x)	28	24
	Любые другие помещения учреждения	0,I	0,I
Категория Б	Любые помещения и территория в пределах наблюдаемой зоны	0,03	0,03

x) Под термином "необслуживаемые помещения" понимаются помещения, в которых персонал может находиться только при проведении ремонтно-профилактических работ.

А. Расчет толщины защиты.

Толщину защиты от гамма-излучения Co^{60} и Cs^{I37} можно рассчитать, используя данные таблицы 2.2., которые получены интерполяцией по энергии данных универсальных таблиц для расчета защиты, разработанных на основании теории ослабления широкого пучка гамма-излучения точечного источника. Входным аргументом в таблицу 2.2. является кратность ослабления (К), определяемая как отношение рассчитанной по формуле (2.2) мощности экспозиционной дозы излучения к величине P_0:

$$K = \frac{P}{P_0} \qquad (2.I),$$

Таблица 2.2.

Толщина защиты (см) в зависимости от кратности ослабления гамма-излучения Co^{60} и Cs^{137}.

K	Co-60				Cs -I37			
	свинец	железо	бетон	вода	свинец	железо	бетон	вода
2	I,55	3,5	I3,5	26,5	0,75	2,7	I2,5	27,5
5	3,35	7,0	25	5I,5	I,7	5,4	2I,5	47
I0	4,6	9,8	32,5	67	2,35	7,0	27,5	59
20	5,8	II,3	39,5	8I	2,95	8,6	32,5	70
50	7,3	I4,0	48,5	99	3,8	I0,7	39,5	83,5
$I0^2$	8,5	I6,0	55	II3	4,4	I2,2	44,5	94
$2.I0^2$	9,7	I8,0	6I,5	I26	5,05	I3,7	49,5	I04
$5.I0^2$	II,3	20,7	70	I43	5,85	I5,6	56	II7,5
$I0^3$	I2,5	22,6	76	I56	6,45	I7,I	6I	I27
$2.I0^3$	I3,7	24,5	82,5	I68	7,I	I8,5	66	I37
$5.I0^3$	I5,2	27,I	9I	I84	7,9	20,2	72	I50
$I0^4$	I6,4	28,9	97	I96	8,45	2I,6	76,5	I59,5
$2.I0^4$	I7,5	30,8	I03	209	9,05	22,9	8I	I68,5
$5.I0^4$	I9,0	33,3	III,5	225	9,8	24,6	87	I8I
$I0^5$	20,2	35,2	II8	237	I0,4	26,0	9I,5	I90
$2.I0^5$	2I,3	37,0	I24	250	I0,95	27,3	96	I99
$5.I0^5$	22,8	39,5	I32,5	266	II,7	29,I	I02	2II
$I0^6$	24,0	4I,4	I38,5	278	I2,3	30,4	I06,5	220
$2.I0^6$	25,I	43,2	I45	290	I2,85	3I,8	III	229
$5.I0^6$	26,6	45,7	I53	307	I3,6	33,5	II7	24I
$I0^7$	27,8	47,6	I59,5	3I9	I4,2	34,9	I2I,5	250
$2.I0^7$	28,9	49,5	I66	33I	I4,8	36,2	I26	259
$5.I0^7$	30,4	52,0	I74	348	I5,55	38,0	I32	27I
$I0^8$	3I,6	53,9	I80,5	360	I6,I	39,4	I36,5	280
$2.I0^8$	32,7	55,8	I87	372	I6,7	40,7	I4I	289
$5.I0^8$	34,3	58,3	I95	389	I7,45	42,5	I47	30I
$I0^9$	35,4	60,2	20I,5	40I	I8,05	43,9	I5I,5	3I0
$2.I0^9$	36,6	62,I	207,5	4I4	I8,6	45,2	I56	3I9
$5.I0^9$	38,I	64,6	2I6	430	I9,35	47,0	I62	33I
$I0^{I0}$	39,3	66,5	222,5	443	I9,95	48,4	I66,5	340

Таблица составлена для следующих значений плотностей материалов:

ρ=II,34 г/см^3 свинец,
ρ= 7,89 г/см^3 железо,
ρ= 2,3 г/см^3 бетон ,
ρ= I г/см^3 вода.

Связь между мощностью экспозиционной дозы (дозой) гамма-излучения и активностью источника определяется следующими формулами:

$$P = \frac{100 \cdot Q \cdot K_\gamma}{R^2} \text{ (мР/ч)}; \quad Д = \frac{100 \cdot Q \cdot K_\gamma \cdot t}{R^2} \text{ (мР/ч)} \quad (2.2)$$

где: Q – активность источника, кюри;

K_γ – гамма-постоянная изотопа, р.см^2/ч.мкюри;

R – расстояние от источника до точки, для которой рассчитывается доза (мощность дозы) гамма-излучения, м;

t – время, ч;

P – мощность дозы излучения, мР/ч;

$Д$ – доза излучения, мР.

Сведения о спектральном составе излучения и величинах K_γ изотопов Co^{60} и Cs^{137}, использованные при составлении таблицы 2.2., приведены в таблице 2.3.

5. Пример расчета защиты.

Рассчитать необходимую толщину бетонной защиты (d) от гамма-излучения (облучатель Co^{60} активностью $6{,}5 \cdot 10^5$ кюри). Расстояние от облучателя до наружной поверхности стены $R = 4$ м. Допустимая мощность дозы излучения для помещений, в которых персонал пребывает не более 18 часов в неделю при 36 часовой рабочей неделе, $P_0 = 2{,}8$ мР/ч (категория облучения А).

Решение. По формуле (2.2) имеем, что $P = \frac{100 \cdot 6{,}5 \cdot 10^5 \cdot 12{,}93}{4^2} = 5{,}25 \cdot 10^7$ мР/ч., по формуле (2.1) определяем

$$K = \frac{P}{P_0} = \frac{5{,}25 \cdot 10^7}{2{,}8} \simeq 1{,}9 \cdot 10^7$$

Используя данные таблицы 2.2., получаем $d = 164$ см.

Таблица 2.3.

Основные характеристики радиоактивных изотопов Co^{60} и Cs^{137}

Изотоп	Период полураспада, $T_{1/2}$, год	Энергия гамма-квантов E, МэВ	Выход гамма-квантов на 100 распадов	Гамма-постоянная K_γ, $\frac{Р \cdot см^2}{ч \cdot мкюри}$	Полная гамма-постоянная K_γ, $\frac{Р \cdot см^2}{ч \cdot мкюри}$
Co^{60}	5,27	1,172 1,333 2,158	99 100 $1,2 \cdot 10^{-8}$	6,11 6,82 -	12,93
Cs^{137}	26,6	0,661	82,5	3,10	3,10

Б. Расчет и проектирование лабиринтной защиты.

Типовые схемы лабиринтных защит. При проектировании и разработке мощных гамма-установок необходимо решать вопросы защиты в совокупности с обеспечением непрерывной подачи объектов облучения к облучателю и отбора их после облучения. Лабиринтные входы в рабочие камеры целесообразно использовать для уменьшения дозы гамма-излучения у входной двери в лабиринт, осуществления конвейерной подачи объектов к облучателю, подведения всевозможных коммуникаций и т.п.

На рис. 2.I. приведены типовые схемы лабиринтных защит, применяемые в практике мощного радиационного аппаратостроения и технологии.

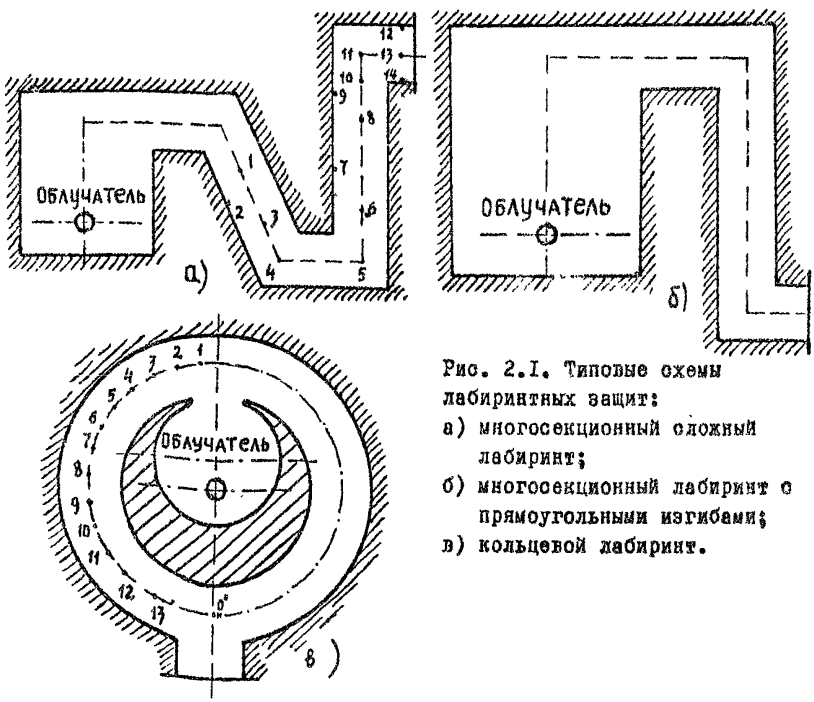

Рис. 2.I. Типовые схемы лабиринтных защит:
а) многосекционный сложный лабиринт;
б) многосекционный лабиринт с прямоугольными изгибами;
в) кольцевой лабиринт.

В некоторых случаях с целью экономии производственной площади целесообразно сооружение защитной поворотной двери с отверстием по диаметру ее для входа в рабочую камеру. Подача объектов на облучение, подводка всевозможных коммуникаций и т.п. может осуществляться также по технологическим каналам различной геометрии.

Методика проектирования лабиринтов в защите.

Количество секций лабиринта и их длина определяется следующим образом. Если известны (из требований технологического процесса на установке) приближенные значения параметров канала: W - ширина, м; H - высота, м; φ_i - угол между "$(i-1)$"-ой и "i"-ой секциями, град; ℓ - расстояние от облучателя до выхода из канала (определяет размеры строительной площадки, см. рис. 2.2); ℓ_1 - расстояние от центра облучателя до центра входа в канал, м (в дальнейшем ℓ_1 принимается за длину первой секции канала); Q - активность облучателя, Ки; E_γ - энергия гамма-излучения облучателя, МэВ и P_0 - мощность экспозиционной дозы излучения на выходе из канала, мР/ч.

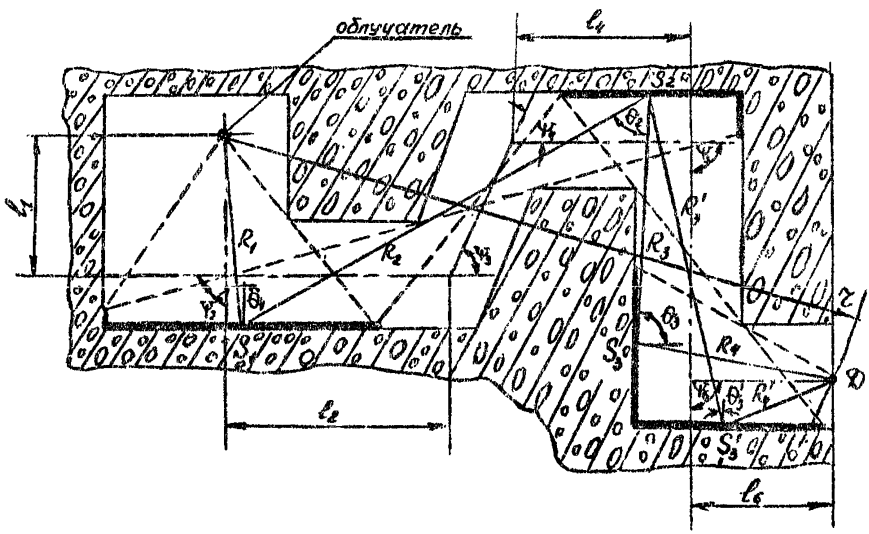

Рис. 2.2 Схема расчета.

Число секций канала (N) и их длину (l_i) определяют следующим образом:

I. Находят ориентировочное число n секций канала (округляя до ближайшего целого числа N) по формуле:

$$n \geq \frac{\lg\left[\frac{P_0(1{,}55+1{,}3\lg E_\gamma)\, l_1^{0{,}5}\, W^{0{,}4}\, \mathcal{E}\cdot\rho}{Q\cdot K_\gamma}\right]-3{,}0}{\lg\left[\frac{\mathcal{E}\cdot\rho\cdot W^{2{,}2}}{l_1^{2{,}2}}\right]-1{,}1}, \qquad (2.3);$$

где $\mathcal{E}=\frac{H+W}{2W}$; $\rho(\psi_i)$ – коэффициент, учитывающий ухудшение защитных свойств канала при угле изгиба между секциями $\psi_i < 90^0$. Для значений $40^0 \leq \psi_i < 90^0$ $\rho(\psi_i)=\rho^*(\psi_i)$. Для $40^0 > \psi_i$ значения $\rho(\psi_i)$ находятся по формуле:

$$\rho(\psi_i)=\frac{\rho^*(\psi_i)}{\mathcal{E}^{2/3}} \qquad (2.4)$$

Значения $\rho^*(\psi_i)$ приведены в табл. 2.4.

Значения $\rho^*(\psi_i)$ Таблица 2.4.

ψ, град	90	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30
$\rho^*(\psi_i)$	I,0	I,3	I,55	I,75	2,0	2,35	3,0	4,2	5,6	8,0	I2

2. По известным значениям N, W, ψ_i и r проектируют канал с учетом конкретных условий. При этом определяются длины каждой секции канала l_i ($\mathcal{L}_i = l_i/W$), которые должны удовлетворять условию:

$$\mathcal{L}_i \geq \frac{0{,}5\,\mathcal{L}(i-1)}{\mathcal{L}_{(i-1)}\cdot\sin\psi_i-0{,}5}+0{,}5 \qquad (2.5)$$

3. Для данных значений $\mathcal{L}_i$ и $\rho(\psi_i)$ вычисляют коэффициент ослабления (β_N) гамма-излучения в защите с каналом по формуле:

$$\beta_N=\frac{9{,}5^{(N-2)}\cdot(1{,}55+1{,}3\lg E_\gamma)\,\mathcal{L}^3\cdot\sin\left[\pi\left(\frac{l_1}{l}\right)^2\right]\cdot\prod_{i=3}^{N}\mathcal{L}_i^{2{,}2}}{\left(\frac{r}{l}\right)^2\cdot\prod_{i=2}^{N}\mathcal{E}_i\,\rho(\psi_i)\,\mathcal{L}_i^{0{,}2\left(1-\frac{W}{\pi}\right)}}, \qquad (2.6.)$$

где $l=\sqrt{l_1^2+l_2^2}$. Сравнивают величину β_N с требуемым коэффициентом ослабления k, определяемым по формуле:

$$k=\frac{10^2\cdot K_\gamma\, Q}{r^2\cdot P_0} \qquad (2.7)$$

Если $\beta_N \geq k$,то проектирование канала в защите закончено.

Если $\beta_N < k$,то корректируют параметры W, H, ψ_i и z . Для новых значений ℓ_i и ψ_i по формуле (2.6) вычисляют значение β_N.Расчет проводят до тех пор,пока не получат $\beta_N \geq k$.

4. Оценивают толщины защитных выступов,разделяющих секции канала.Размеры каждого выступа должны быть такими,чтобы мощность дозы прямого излучения в конце каждой секции канала не превышала 0,I мощности дозы отраженного излучения в той же точке,рассчитанной по формуле (2.6)

Пример: Спроектировать входной лабиринт, если известны значения следующих величин: W =0,9м; H=2,2м; $\psi_i \geq 65^0$; z= 5,65м, ℓ_1 =I,30м; $Q = 2{,}35 \cdot 10^4$ Кюри , источник Co^{60}, P_0=40 мР/ч, материал лабиринта - бетон.

Решение: I. Находим ориентировочное число секций канала:

$$n \simeq \frac{lg\left[\frac{40 \cdot I{,}68 \cdot I{,}24 : 0{,}86 \cdot I{,}72 \cdot I{,}75}{2{,}35 \cdot 10^4 \cdot I2{,}93}\right] - 3{,}0}{lg\left[\frac{I{,}72 \cdot I{,}75 \cdot 0{,}79}{2{,}24}\right] - I{,}I} \approx \frac{6{,}95}{0{,}98} = 6{,}4$$

Округлим до ближайшего целого числа - N =6.

2. Для известных значений N , W , ψ_i и z проектируем канал с привязкой к конкретным условиям (см. рис. 2.2.) Получим следующие значения длин секций и углов между ними:
ℓ_2= I,95м; ℓ_3= I,35м; ℓ_4= I,5м; ℓ_5= 2м; ℓ_6= I,25м;
$\psi_3 = \psi_4 = 65^0$; $\psi_2 = \psi_5 = \psi_6 = 90^0$, которые удовлетворяют условию (2.5)

3. Вычисляем коэффициент ослабления излучения для спроектированного лабиринта

$$\beta_6 = \frac{9{,}5^4 \cdot 1{,}74 \cdot 0{,}83 \cdot 1{,}50^{2{,}2} \cdot 1{,}67^{2{,}2} \cdot 2{,}22^{2{,}2} \cdot 1{,}4^{2{,}2}}{8{,}1 \cdot 1{,}72^5 \cdot 1{,}75^2 (2{,}16 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}67 \cdot 2{,}22 \cdot 1{,}4)^{0{,}12}} = 3{,}4\ 10^4$$

и сравниваем его с требуемым коэффициентом ослабления

$$K = \frac{2,35 \cdot 10^5 \cdot 12,93}{5,65^2} \qquad 3,2 \cdot 10^4$$

4. Оцениваем толщины защитных выступов. Так, первый выступ должен ослабить прямое излучение не менее чем в $3,4 \cdot 10^3$ раз ($10 \cdot \beta_\gamma$), что соответствует толщине защиты, равной ~ 85 см (имеем 140 см). Оба выступа должны иметь коэффициент ослабления ~ $3,4 \cdot 10^5$, что соответствует толщине ~ 130 см (имеем 230 см).

Расчет мощности экспозиционной дозы гамма-излучения в лабиринте.

Мощность дозы гамма-излучения в любой точке лабиринта определяется из следующего выражения:

$$P = P_{пр.} + P_{отр.} \qquad (2.8);$$

где $P_{пр.}$ - прямое излучение, прошедшее сквозь выступы лабиринта, вычисляемое по универсальным таблицам (приложение 2);

$P_{отр.}$ - мощность дозы, создаваемая отраженным гамма-излучением.

На рис. 2.2. показана схема расчета дозы гамма-излучения в лабиринте.

При проектировании и расчетах обычно выбирают главные рассеивающие площадки, которые определяются максимальной "видимостью" облучателя, минимальными расстояниями между рассеивающими поверхностями и точкой детектирования. В этом случае мощность дозы отраженного гамма-излучения будет определяться из выражения:

$$n P_{отр} = \frac{K_\gamma \cdot Q}{(2\pi)^n} \prod_{i=1}^{n} \frac{S_i \cdot \cos\theta_i \cdot \alpha_i(\theta_i, E)}{R_1^2 \cdot R_{i+1}^2} \qquad (2.9)$$

При $i = 1$, $E = E_0$ при $i > 1$, $E = 100$ кэВ.

В точку детектирования, расположенную после первого, второго и т.д. поворота лабиринта, приходит многократно отраженное гамма-излучение, которое довольно трудно учесть.

В том случае, если выступы лабиринта не ослабляют прямое излучение до допустимых величин или близких к ним, при расчете необходимо учитывать гамма-излучение, прошедшее сквозь выступы лабиринта и претерпевшее отражение от поверхности бетонной защиты. Суммарная мощность дозы в лабиринте в общем виде может быть определена из выражения

$$P = K_\gamma \cdot Q \left[\frac{e^{-\mu d} \cdot B(E, \mu d, z)}{R^2} + \frac{1}{(2\pi)^n} \prod_{i=1}^{n} \frac{S_i \cdot \cos\theta_i \cdot \alpha_i(\theta_i, E)}{R_i^2 \cdot R_{i+1}^2} \right] \qquad (2.10)$$

где θ_i – угол падения гамма-излучения (угол между нормалью к площадке S_i и направлением P);

R_i – расстояние от центра облучения до центра площадки S_i см;

$\alpha_i(\theta_i, E)$ – дозовое альбедо гамма-квантов с энергией E для угла падения θ_i ;

S_i – главные рассеивающие площадки, $см^2$;

μ – линейный коэффициент ослабления узкого пучка гамма-лучей, $см^{-1}$;

$B(E, \mu d, l)$ - дозовый фактор накопления гамма-излучения для бетона;

l - толщина защиты, см;

R - расстояние от центра облучателя до точки детектирования, см;

E_0 - энергия первичного гамма-излучения, МэВ;

E - энергия отраженного гамма-излучения, равная 100 кэВ.

Индекс у альбедо $\alpha_i(\Theta_i, E)$ и угла Θ_i означает кратность отражения.

Принимается, что интенсивность отраженного гамма-излучения уменьшается пропорционально $1/R^2$.

Значения $\alpha_i(\Theta_i, E)$ для различных значений E и Θ_i для бетона приведена в таблице 2.5.

Таблица 2.5.

Дозовое альбедо гамма-излучения для бетона.

$\cos\Theta_i$	E, МэВ		
	0,1	0,661	1,25
0,	0,52	0,38	0,32
0,1	0,45	0,29	0,24
0,2	0,37	0,23	0,18
0,3	0,33	0,19	0,14
0,4	0,29	0,16	0,11
0,5	0,27	0,13	0,08
0,6	0,23	0,11	0,08
0,7	0,22	0,09	0,05
0,8	0,2	0,08	0,05
0,9	0,18	0,07	0,04
1,0	0,17	0,06	0,04

Расчет бетонной лабиринтной защиты может быть выполнен также с помощью эмпирических формул (2.11) и (2.12):

$$i P_{отр} = \frac{\bar{m}_i \cdot K_\gamma \cdot Q}{L^2 \cdot \prod_{i=1}^{3} r_i^2} \qquad (2.11)$$

где $\bar{m}_i$ – эмпирические коэффициенты, равные $6 \cdot 10^2$; $2{,}8 \cdot 10^5$; $3{,}3 \cdot 10^8$ для первого, второго и третьего поворота лабиринта соответственно;

L – расстояние от центра облучателя до центра площадки S_i, см;

r_i – расстояние между рассеивающими площадками (или до расчетной точки), см;

$$P_{отр} = Q \cdot K_r \frac{\prod_i^n C_{o_i} W_i^2}{\prod_i R_i^2} \cdot \mathcal{E} \qquad (2.12),$$

где R_i – расстояние вдоль оси I-го, 2-го и т.д. звена лабиринта, см;

W – ширина лабиринта, см;

$\mathcal{E} = \frac{H+W}{2W}$, где H – высота лабиринта, см;

C_{o_i} – константа для данной энергии и материала защиты.

На рис. 2.3. показана энергетическая зависимость константы Co_i для бетона.

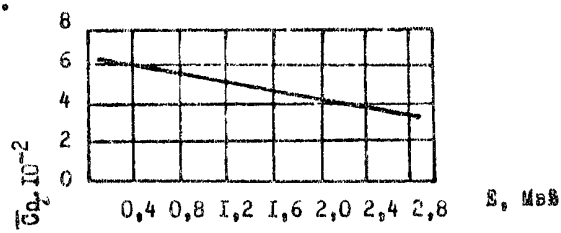

Рис. 2.3. Энергетическая зависимость константы Co_i для бетонных лабиринтов.

После второго поворота лабиринта величина C_{o_i} принимается равной C_{o_i} при E = 0,I МэВ.

Максимальные относительные ошибки расчета по отношению к экспериментальным данным не превышают ± 50%.

Пример. Определить Р, создаваемую отраженным гамма-излучением на входе в лабиринт в точке Д (рис. 2.2), и необходимую толщину защитной двери (материал-железо), если облучатель собран из источников Co^{60} суммарной активностью $2,35 \cdot I0^4$ Ки, высота лабиринта H=2,2 м, материал лабиринта - бетон, P_0= I,4 мР/ч.

Решение. Мощность дозы в точке Д создается трехкратно-отраженным гамма-излучением, приходящим с площадок S_3 и S_3'. Вклад в полную мощность дозы в т.Д от излучения, отраженного от пола и потолка лабиринта, учитывается с помощью коэффициента φ = 2.

По рис. 2.2 R_1 = I,75 м; R_2 = 4,2 м; R_3 = 2,2 м; R_3' = 2,95 м; R_4 = I,7 м; R_4' = I м; $\cos\theta_1$ = I; $\cos\theta_2$ = 0,5; $\cos\theta_3$ = 0,09; $\cos\theta_3'$ = 0,97; S_1 = 4,I м^2; S_2 = 3,5 м^2; S_3 = 3,I м^2; S_3' = 3,4 м^2.

Величины $\alpha_i(\theta_i, E)$ в зависимости от энергии гамма-излучения, падающего на площадку, и косинусов углов падения определяем по табл. 2.5.

Так как E_0= I,25 МэВ и $E' = E'' = \ldots E^n$ = 0,I МэВ, то $\alpha_1(\theta_1, E_0)$ = 0,04; $\alpha_2(\theta_2, E)$ = 0,27; $\alpha_3(\theta_3, E)$ = 0,47 и $\alpha_3'(\theta_3' E)$ =0,I7. Полученные данные подставляем в формулу (2.9) и получаем, что Ротр.≃ 20мР/ч. С учетом коэффициента φ =2 Ротр.≃ 40мР/ч. Доза, создаваемая в точке Д прямым излучением и рассчитанная с помощью данных раздела "А" настоящего приложения, пренебрежительно мала.

Определяем толщину защитной двери при P_0 = I,4 мР/ч: необходимая кратность ослабления К = 40/I,4≃ 30, из универсальных таблиц для К = 30 и E_γ= 0,I МэВ находим толщину защиты из железа α =2,4см.

При проектировании защитных поворотных дверей следует учитывать

прострел рассеянных гамма-квантов вдоль щелей, образующихся между дверью и защитными стенами. Ширина этих щелей изменяется от 30 до 150 мм в зависимости от конструкции дверей, точности их монтажа, строительных дефектов и т.д. Для типовых защитных дверей (диаметры дверей 1700 и 2800 мм, ширина входного проема - 900 и 1600 мм соответственно) кратность ослабления излучения, прошедшего через такие щели, составляет $\sim 10^6$. В отдельных случаях снизить величину мощности дозы гамма-излучения, выходящего из щелей, до допустимого уровня можно путем уменьшения ширины щелей (наваривание на грани дверей или обечайки листовой стали, покрытие их свинцом). Покрытие участков стенок щелей (на выходе из них свинцом толщиной 3-5 мм позволяет в ~ 10 раз уменьшить интенсивность выходящего из щелей излучения.

Приложение 3.

Вентиляция помещений мощных гамма-установок.

Проектирование вентиляции помещений мощных гамма-установок, определение объема выбросов вентиляционного воздуха в атмосферу и способов его очистки следует производить в соответствии с требованиями настоящих Правил.

Расчет воздухообмена в помещениях мощных гамма-установок.

Кратность воздухообмена (К) и расход воздуха (L) в зависимости от объема рабочей камеры установки определяются из следующих формул:

$$K = 3{,}1 \cdot 10^{-3}\, Q \cdot V^{-2/3},\ ч^{-1} \qquad (3.1)$$

$$L = 3{,}1 \cdot 10^{-3}\, Q \cdot V^{1/3},\ м^3/ч \qquad (3.2)$$

где Q - активность облучателя, кюри;

V - объем рабочей камеры, $м^3$.

На рис. 3.1 приводится номограмма для определения кратности воздухообмена при $Q = 2 \cdot 10^2 \div 5 \cdot 10^6$ кюри. На этих номограммах выделены области значений К, ограниченные в пределах $3 \leq K \leq 10^2$ и $10 \leq V \leq 2 \cdot 10^2$:

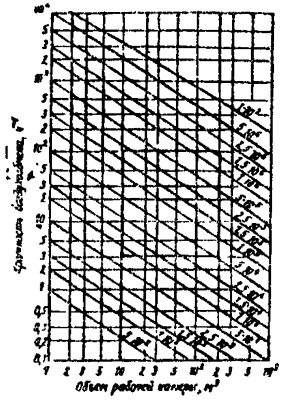

Рис. 3.1

Номограмма для определения кратности воздухообмена в рабочих камерах установок.

В отдельных случаях рассчитанные по формулам (3.I) и (3.2) значения К становятся настолько большими, что их практическое осуществление может оказаться не реальным. В таких случаях вентилируют помещение камеры при более низкой, чем требуется по расчету(К)кратности воздухообмена K_φ, но и при этом в течение некоторого времени ("запретного периода) после перемещения облучателя из рабочего положения в хранилище доступ в камеру должен быть запрещен.

При наличии в рабочей камере установки только окислов азота и озона величина запретного периода (t_1), на протяжении которого камера вентилируется с кратностью (K_φ), определяется по соотношению:

$$t_1 = \frac{\ell n \frac{K}{K_\varphi}}{K_\varphi}, \text{ ч} \qquad (3.3)$$

В том случае, если в рабочей камере помимо постоянно образующихся окислов азота и озона выделяются еще и другие вредные вещества из облучаемых объектов и к моменту удаления облучателя в хранилище концентрация любого из них равна (q_i) мг/л, то для снижения суммарной концентрации всех присутствующих в воздухе камеры вредных веществ к моменту разрешения входа в нее людей необходимый запретный период (t_2) может быть определен по формуле:

$$t_2 = \frac{\ell n \left(\frac{K}{K_\varphi} + 2\sum^{n} P_i \right)}{K_\varphi}, \text{ ч} \qquad (3.4)$$

где: $P_i = q_i / q_{0i}$ (q_{0i} -ПДК отдельного i-того вредного вещества);

Пример. Облучатель с активностью $Q = 3{,}25 \cdot 10^6$ кюри помещен в рабочую камеру объемом $V = 60 м^3$. Найти необходимые для данного случая L и К, а также величину запретного периода t_2, если фактическая кратность воздухообмена $K = 30\ ч^{-1}$. В камеру облучения вы-

деляется также фтористый водород из облучаемых объектов, концентрация которого в воздухе равна $q_i = 1 \cdot 10^{-3}$ мг/л (ПДК фтористого водорода $q_{0i} = 5 \cdot 10^{-4}$ мг/л).

В соответствии с расчетом по формулам (3.1 и 3.2) $L_{расч.} = 4 \cdot 10^4$ м^{3}ч$^{-1}$ при К = 660 ч$^{-1}$; т.к. $K_ф < K$, то вводится запретный период времени, равный

$$t_2 = \frac{\ln\left(\frac{660}{30} + 2 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-4}}\right)}{30} \simeq 6{,}5 \text{ мин.}$$

Таким образом, для создания безопасных концентраций окислов азота, озона и фтористого водорода в этом случае достаточно вентилирования помещения камеры в течение 6,5 минут после удаления облучателя в хранилище. Вход в рабочую камеру во время запретного периода должен быть исключен. Это обеспечивается применением специальной системы блокировки входной двери.

Гремучая смесь. Определенную опасность при водном и смешанном способах хранения облучателя представляет выделение водорода, создающего с воздухом взрывоопасную смесь. Максимальное время безопасного накопления водорода и минимальная кратность воздухообмена (К) в этих случаях определяются из следующих формул:

$$t_{max} = 0{,}29 \cdot 10^6 V/Q, \text{ ч} \qquad (3.5)$$

$$K_{min} = 3{,}24 \cdot 10^{-6} Q/V, \text{ ч}^{-1} \qquad (3.6)$$

При больших объемах помещений и незначительной активности облучателя этот фактор опасности не имеет существенного значения, ибо образующийся водород будет полностью удален при проветривании помещения с кратностью воздухообмена, определенной расчетом для этого фактора. Однако, следует иметь ввиду, что при наличии крышки над бассейном, в котором под водой хранятся источники излучения, объем между зеркалом воды и крышкой будет намного меньше объема камеры установки. Это же может быть и в некоторых случаях при

создании ограниченных замкнутых объемов около облучателя с теми или иными технологическими целями. При этих условиях названный фактор может приобрести серьезное значение.

Пример. При активности облучателя $Q = 6{,}5 \cdot 10^5$ кюри и $V = 0{,}03$ м^3 из формул (3.5) и (3.6) следует, что $t_{max} \simeq 0{,}0134$ ч, а $K_{min} = 70$ ч$^{-1}$. Следовательно, такие небольшие объемы должны постоянно усиленно вентилироваться с обеспечением в данном случае кратности воздухообмена, равной 70ч$^{-1}$, а время, в течение которого такой объем может оставаться без проветривания, составляет всего 0,8мин.

Вентиляция в помещениях установок.

Установки с подвижным облучателем. При эксплуатации мощных гамма-установок вредности, например, окислы азота и озон могут распространяться по всему объему рабочей камеры. При разработке проекта вентиляции таких помещений для эффективного удаления этих и других возможных вредностей необходимо так организовать направление движения воздушного потока в лабиринте и рабочей камере установки, чтобы было обеспечено наиболее полное их проветривание. Это достигается удалением воздуха из объема камеры от трех зон - верхней, средней и нижней. Рекомендуемое размещение вытяжных отверстий и их размеры показаны на рис. 3.2.

При данном размещении вытяжных отверстий (рис.3.2) обеспечивается устойчивое движение воздушного потока с достаточно равномерным его распространением по всему объему лабиринта и рабочей камеры установки. При соотношении объемов приточного и вытяжного воздуха, равном I:3, обеспечивается наиболее равномерное проветривание помещений установки.

Установки с неподвижным облучателем и сухим способом защиты. В таких установках образование озона и окислов азота возможно лишь в рабочем объеме. Поэтому в помещениях, где расположены такие установки, следует предусматривать лишь общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.

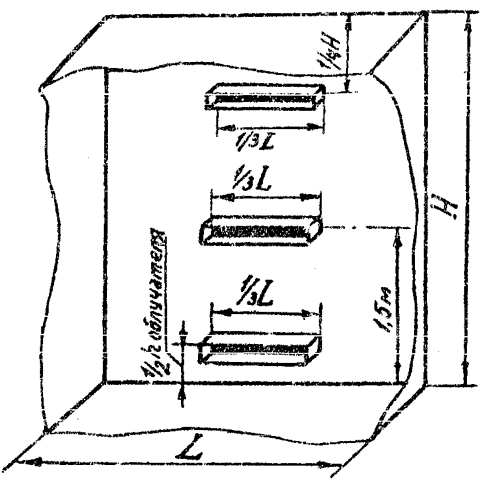

Рис. 3.2. Рекомендуемое размещение вытяжных отверстий и их размеры в рабочих камерах мощных изотопных гамма-установок.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

Введение..... 2
1.Термины и определения 3
2.Общие положения..... 6
3.Размещение установок..... IO
4.Требования к защите..... II
5.Системы блокировки и сигнализации..... I3
6.Требования к вентиляции..... I6
7.Загрузка, догрузка и смена источников излучения..... I8
8.Радиационный контроль..... 2I
9.Предупреждение аварий и ликвидация их последствий..... 24
Заключение..... 29

Приложение I.
Допустимые уровни вредных воздействий..... 3I

Приложение 2.
Защита от гамма-излучения..... 37
А.Расчет толщины защиты..... 37
Б.Расчет неоднородностей в защите..... 4I

Приложение 3.
Вентиляция помещений мощных гамма-установок..... 5I

Зак. I6I Т ир. I000 Л-42592 от II/II-75г.
Типография Минздрава СССР.

gost.e-ecolog.ru