МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ СССР

ГЛАВНОЕ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА

УСТРОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МОЩНЫХ ИЗОТОПНЫХ БЕТА-УСТАНОВОК

Москва — 1974

gost.e-ecolog.ru

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Главного
государственного санитарного
врача Союза ССР

А. И. Заиченко

27 декабря 1973 г.
№ 1138—73

САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА * УСТРОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МОЩНЫХ ИЗОТОПНЫХ БЕТА-УСТАНОВОК

Введение

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 являются обязательными для всех учреждений и предприятий, проектирующих, строящих и эксплуатирующих мощные изотопные бета-установки (см. приложение 1).

Правила распространяются на мощные бета-установки промышленного, полупромышленного и исследовательского типов, предназначенные для проведения радиационнохимических процессов, лучевой стерилизации, медико-биологических исследований и т. п.

Действие настоящих правил не распространяется на установки и устройства, в которых источники бета-излучения (независимо от их активности) используются для контроля технологических процессов, снятия электростатических зарядов, генерации электромагнитного излучения, а также в качестве источника тока.

Ответственность за выполнение настоящих Правил возлагается на руководство учреждений (предприятий), министерств и ведомств.

---

* Настоящие правила разработаны сотрудниками Всесоюзного Центрального научно-исследовательского института охраны труда ВЦСПС, научно-исследовательского физико-химического института им. Л. Я. Карпова и Центрального ордена Ленина института усовершенствования врачей МЗ СССР.

1. Общие положения

1. 1. Основными факторами, определяющими степень возможного радиационного воздействия при эксплуатации мощных бета-установок являются:

а) потоки бета-излучения на рабочих местах;

б) потоки сопутствующего, примесного и тормозного электромагнитных излучений на рабочих местах;

в) поверхностная загрязненность помещений и оборудования радиоактивными бета-излучателями;

г) наличие в воздухе рабочих помещений радиоактивных аэрозолей.

1. 2. К нерадиационным источникам вредных воздействий относятся:

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

б) токсичные вещества, поступающие в воздух помещений из облучаемых объектов;

в) взрыво- и огнеопасные вещества, облучаемые на установке, или продукты, образующиеся в процессе облучения.

1. 3. Устранение радиационных и других вредностей при эксплуатации мощных бета-установок обеспечивается комплексом конструкционных, планировочных и организационно-технологических решений.

1. 4. По назначению мощные бета-установки подразделяются на две группы:

I группа — установки промышленного, полупромышленного и исследовательского типов, на которых предусмотрена возможность облучения коррозионно-активных объектов.

II группа — установки промышленного и исследовательского типов, предназначенные для облучения веществ, не вызывающих активной коррозии металлов.

Примечание. Облучение взрывоопасных веществ допускается по специальному разрешению в количествах и при условиях, исключающих возможность повреждения облучателя при возникновении взрыва.

1. 5. В зависимости от проектной мощности все установки разделяются на три категории:

1 категория — активность облучателя более 10^4 кюри.

2 категория — активность облучателя от $5 \cdot 10^2$ до 10^4 кюри.

3 категория — активность облучателя до 500 кюри.

Примечание. Указанные уровни активности даны для изотопов радиотоксичности группы «А» ($S_ч - 90$); при использовании изотопов другой степени радиотоксичности активность облучателя соответствующей категории может быть увеличена в соотношении $СДК_х/СДК\ S_ч - 90$, где $СДК_х$ — предельно допустимая концентрация данного изотопа в возду-

хе рабочих помещений. Содержание Y — 90 не учитывается. Основные радиационно-физические константы некоторых распространенных бета-изотопов приведены в приложении 2.

1. 6. Проекты вновь разрабатываемых, строящихся или реконструируемых установок подлежат обязательному согласованию с Главным санитарно-эпидемиологическим управлением Министерства здравоохранения СССР (ГСЭУ МЗ СССР) и Государственным комитетом по использованию атомной энергии СССР (ГКИАЭ).

1. 7. Установки до начала их эксплуатации должны быть приняты комиссией в соответствии с требованиями — ОСП-72.

1. 8. Для зарядки мощных бета-установок могут быть использованы только бета-источники, технические условия к которым согласованы с ГСЭУ МЗ СССР и ГКИАЭ.

1. 9. Лица, занятые зарядкой и перезарядкой облучателей, управлением установкой в процессе эксплуатации, ремонтно-профилактическими и аварийными работами на время их проведения, относятся к категории А, группе «а» по классификации НРБ-69.

1. 10. Персонал, занятый подготовкой объектов к облучению, наблюдению за ходом облучения по показаниям приборов, исследованием облученных объектов и т. п., относятся к категории лиц, непосредственно не связанных с работой с источниками ионизирующих излучений (категория А, группа «б» по классификации НРБ-69).

1. 11. К работам, перечисленным в п. 1.9. настоящих «Правил», допускаются лица не моложе 18 лет после предварительного медицинского освидетельствования при отсутствии медицинских противопоказаний, приведенных в приложении к ОСП-72. В дальнейшем медицинское освидетельствование проводится 1 раз в год.

1. 12. Женщины должны освобождаться от работы на установке на весь период беременности.

1. 13. На основании настоящих Правил разрабатываются детальные инструкции по технике безопасности при обслуживании установок с учетом особенностей конструкции и проводимых работ. Инструкция утверждается администрацией учреждения (предприятия).

1. 14. Ответственность за безопасность работ на установках несет администрация учреждений (предприятий) и руководители работ.

Перед началом эксплуатации установок все работающие на них лица должны быть обучены безопасным методам работы, знать правила пользования санитарно-техническими

устройствами, защитными приспособлениями и правила личной гигиены, а также сдать администрации соответствующий техминимум. Повторная проверка знаний должна проводиться один раз в год. Лица, привлекаемые к разовой или временной работе на установках, должны быть ознакомлены с инструкцией по технике безопасности.

2. Требования к размещению мощных бета-установок

2. 1. Установки 1 категории, как правило, должны размещаться в отдельно стоящих зданиях.

Проведение каких-либо работ, не связанных с эксплуатацией и обслуживанием установок, в этих зданиях не допускается.

Примечание. В виде исключения допускается размещение вышеуказанных бета-установок в производственных зданиях, если это обусловлено непрерывностью технологического процесса. В этих случаях помещение бета-установки должно быть изолировано от других помещений здания капитальными стенами и перекрытиями и иметь отдельный вход. Конструкция установки должна обеспечивать целостность защиты облучателя установки в случае какой-либо аварии в смежных помещениях.

2. 2. Установки 2 и 3 категорий могут располагаться в производственных зданиях: установки 2 категории — на первом или цокольном этажах (желательно в пристройке), установки 3 категории на любом этаже зданий, выполненных из несгораемых конструкций и способных выдержать вес установки. При этом помещения установок должны иметь отдельный вход и независимую систему вентиляции.

2. 3. Пульт управления установками в зависимости от их конструкций может располагаться в отдельном помещении или непосредственно на установке.

2. 4. Для установок 1 и 2 категории должно быть предусмотрено специальное помещение, оборудованное для проверки герметичности бета-источников, их поверхностных загрязнений, а также для временного хранения рабочего комплекта бета-источников.

Для установок 3 категории проверка бета-источников на герметичность и поверхностную загрязненность может проводиться в помещении операторской с помощью стандартного лабораторного оборудования (боксы, защитные экраны, дистанционные захваты). Эти работы для установок всех категорий проводятся под постоянным дозиметрическим контролем.

2. 5. Для установок 1 и 2 категорий должно быть предусмотрено:

а) помещение для хранения и переодевания средств индивидуальной защиты, необходимых для проведения ремонтно-профилактических и аварийных работ;

б) душевая пропускного типа с принудительным дозиметрическим контролем;

в) накопительные емкости для приема сбросных вод от душевой и после дезактивационных работ. Сброс сточных вод в общую канализационную сеть разрешается после радиометрического контроля при концентрации радиоактивных изотопов, не превышающих СДК для воды.

3. Конструкция установок

3. 1. Предпочтительной является конструкция установок с подачей облучаемых объектов к неподвижному облучателю; в этом случае допускается незначительное перемещение облучателя для регулирования интенсивности облучения. Камера облучения должна иметь минимально возможные размеры, обусловленные технологическими требованиями.

3. 2. В исключительных случаях допускается перемещение облучателя из рабочего положения в положение хранения; при этом конструкция механизма перемещения и его привода должна полностью исключать возможность ударов или повреждения облучателя.

3. 3. В любом положении облучатель должен быть полностью ограждён биологической защитой, исключающей проникновение ионизирующих излучений за ее пределы сверх уровней, принимаемых за безопасные (см. раздел 4).

3. 4. Конструкция облучателя должна исключать возможность загрязнения его объектами облучения.

3. 5. В конструкции установки должно быть предусмотрено устройство для автоматического пожаротушения (например, спринклерное и т. п.) с соответствующей системой дренажа.

3. 6. Для снижения интенсивности тормозного излучения конструкции установки (облучатель, биологическая защита и т. п.), находящиеся под воздействием мощных потоков бета-излучения, должны изготовляться из радиационно-стойких материалов с возможно более малым атомным номером (графит, алюминий, карбид бора и т. п.).

4. Требования к защите

4. 1. Мощность экспозиционной дозы суммарного (сопутствующего, примесного и тозмозного) электромагнитного

излучения на наружных поверхностях зданий установок, в том числе и в проемах (окна, двери т. п.) не должна превышать 0,1 мр/ч. Уровень излучения в ближайших зданиях и на территории, не принадлежащей данному учреждению, не должен превышать фона, присущего данной местности, более чем на 0,03 мр/ч.

4. 2. Мощность дозы суммарного бета-гамма-излучения в любой точке за защитой, выходящей в помещение операторской, не должна превышать 1,4 мбэр/ч при любом положении облучателя.

Примечание. Мощности дозы 1,4 мбэр/ч соответствует интенсивность потока в 10 бета-частиц/см^2·с для энергий бета-частиц до 10 Мэв.

4. 3. Суммарная мощность дозы в любой точке смежных помещений, где находятся лица, не связанные с обслуживанием установки, не должна превышать 0,1 мбэр/ч независимо от положения облучателя.

4. 4. Расчет барьерной защиты от сопутствующего, примесного и тормозного гамма-излучения проводится в соответствии с методикой, изложенной в приложении 3.

4. 5. Уровни электромагнитного и бета-излучений, выходящих из технологических проемов и щелей в защите, не должны превышать величин, указанных в п. 4. 2.

4. 6. Хранение бета-источников и облучателя, собранного из них, в воде запрещается.

4. 7. После завершения строительных и монтажных работ на установке комиссия в составе представителей администрации предприятия, технической инспекции профсоюзов, органов санэпидемслужбы, милиции, пожарной охраны, представителей проектной, строительной и монтажной организаций производят приемку установки;

при этом проверяется соответствие выполненных работ чертежам, эффективость и надежность работы механизмов, систем блокировки и сигнализации, а также уровни потоков ионизирующих излучений на поверхности защиты, в операторских, примыкающих помещениях и наружных стенах зданий. Проверка качества защиты проводится по всему периметру защитных конструкций.

5. Требования к системам блокировки и сигнализации

5. 1. Каждая установка должна иметь не менее двух полностью независимых систем блокировки и сигнализации, предотвращающих возможность облучения персонала и сигнали-

зирующих о повреждениях облучателя. Такие системы могут быть основаны на:

а) дозиметрических приборах;

б) механических приспособлениях;

в) электрических устройствах и т. п.

5. 2. В случае неисправности хотя бы одной из систем блокировки и сигнализации технологический процесс, осуществляемый на установке, должен автоматически прекращаться.

5. 3. Установка, в которой предусмотрено перемещение облучателя, должна иметь дополнительное устройство для его ручного возврата в положение хранения.

5. 4. Установки с неподвижным облучателем должны иметь шибера, позволяющие изолировать облучатель от камеры облучения; кроме механического должно быть предусмотрено ручное перемещение шиберов.

5. 5. Помимо систем, предусмотренных п. 5.1., установки должны быть оборудованы дозиметрическими приборами с автоматическими устройствами, сигнализирующими об уровнях гамма-фона и загрязненности воздуха операторской радиоактивными аэрозолями. Датчики приборов должны располагаться:

а) на рабочих местах;

б) в операторской и смежных с ней помещениях (для установок 1 категории);

в) у камеры для контроля герметичности радиоактивных препаратов.

5. 6. На пульте управления установкой должны быть установлены сигнальные устройства, показывающие положение облучателя (или защитных шиберов) и величину мощности дозы в камере облучения. В помещениях, где расположены установки 1 и 2 категорий, должна быть городская телефонная связь.

5. 7. Система механических блокировок должна исключать повреждение облучателя при его перемещении и движении шиберов.

5. 8. Помещения установок должны быть оборудованы автоматической пожарной сигнализацией.

6. Требования к вентиляции

6. 1. Вентиляция (продувка) камер облучения должна быть автономной. Выбрасываемый в атмосферу воздух должен очищаться на специальных фильтрах.

Вентиляция помещений, предназначенных для размещения мощных установок, рассчитывается исходя из суммы радиа-

ционных и нерадиационных производственных вредностей, связанных с проводимыми на установках технологическими процессами, с учетом возможности разгерметизации источников.

6. 2. Для установок 1 категории должны быть предусмотрена замкнутая система циркуляции инертного газа или осушенного воздуха, предназначенного для охлаждения облучателя. Для установок 2 и 3 категорий должен быть проведен расчет по тепловыделениям, обосновывающий возможность исключения замкнутой системы циркуляции.

6. 3. Из камеры облучения должен быть предусмотрен отсос воздуха для создания гарантированного разрежения в ней (не менее 10 мм вод. ст.); отсасываемый из камеры облучения воздух направляется в отдельную систему вентиляции.

6. 4. Воздух, подаваемый в камеру облучения и удаляемый из нее, должен очищаться на специальных фильтрах. Замена фильтров должна проводиться по мере их загрязнения, определяемого по увеличению аэродинамического сопротивления и (или) уровням внешнего излучения.

6. 5. Относительная влажность воздуха в помещениях мощных установок должна поддерживаться на уровне норм, установленных для физических и химических лабораторий.

7. Меры по предупреждению радиоактивных загрязнений и их ликвидация

7. 1. Причинами появления радиоактивных загрязнений в помещениях установок могут быть:

а) поверхностное загрязнение источников излучения (радиоактивных препаратов);

б) разгерметизация источников излучения вследствие механических повреждений, коррозии и т. п.;

в) диффузия радиоактивного вещества сквозь материал оболочки источников излучения;

г) радиоактивное загрязнение транспортных контейнеров.

7. 2. Конструкционные материалы, из которых выполнены детали и узлы установок, должны быть малосорбирующими радиоактивные загрязнения и легко дезактивируемыми или иметь покрытия, отвечающие указанным требованиям.

7. 3. Отделка стен, полов и потолка в помещениях, где размещаются мощные установки, должна соответствовать существующим нормам для химических лабораторий.

7. 4. Полы, стены и потолки помещений, предназначенных для перезарядки кассет бета-источниками, а также для

проверки их на герметичность и поверхностное загрязнение и для промежуточного их хранения, должны иметь сплошную внутреннюю облицовку из легко дезактивируемых материалов. Помещения должны быть оборудованы дренажами для приема стоков после дезактивации. Сброс стоков должен направляться в накопительную емкость. Система канализации должна быть выполнена из малосорбирующего материала, устойчивого к воздействию агрессивных сред.

7. 5. Все бета-источники, поступающие для загрузки установки, должны быть проверены на герметичность и поверхностные радиоактивные загрязнения на месте зарядки. Помещение для проверки герметичности источников должно иметь автономную систему вентиляции.

7. 6. В случае появления радиоактивного загрязнения в воздушной среде помещений, где расположена установка, рабочих поверхностей, оборудования или облучаемых объектов выше допустимых величин, производится разрядка облучателя и проверка всех бета-источников на герметичность и поверхностное загрязнение.

7. 7. Бета-источники, не удовлетворяющие техническим условиям, упаковываются в герметичные пластикатовые мешки и в транспортных контейнерах направляются поставщику или на захоронение с соответствующим актом.

7. 8. Все случаи обнаружения поверхностных радиоактивных загрязнений и разгерметизации бета-источников и их уровни фиксируются в эксплуатационном журнале установки.

8. Загрузка, догрузка и смена радиоактивных препаратов

8. 1. Облучатель установки загружается с помощью комплекса защитного оборудования, предусмотренного проектом установки.

8. 2. Подводный способ загрузки облучателя установки или кассет запрещается.

8. 3. Методика загрузки и смены установки, а также меры безопасности при проведении этих работ должны быть разработаны на стадии проектирования установки с учетом «Методических указаний по проведению радиационного контроля при загрузке, догрузке и смене источников ионизирующих излучений мощных изотопных установок» № 1001—72 и отражены в инструкции по ее эксплуатации.

8. 4. Все операции по загрузке установки должны проводиться под постоянным радиационным контролем.

8. 5. Персонал, участвующий в работах по загрузке установки, должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты (полукомбинезон или халат из полихлорвинила, нарукавники из того же материала, резиновые перчатки, ба-

хилы, шапочка из молексина, респираторы типа «Лепесток» и т. п.). Кроме того должен быть предусмотрен аварийный (запасной) комплект средств индивидуальной защиты, в том числе органов дыхания.

9. Радиационный и профилактический контроль

9. 1. Радиационный контроль на установках, а также контроль за соблюдением всеми работающими требований радиационной безопасности осуществляется службой радиационной безопасности данного учреждения (предприятия).

9. 2. Для установок 3 категории радиационный контроль осуществляется специально выделенным и обученным лицом.

Если в одном здании расположено несколько установок, допускается обслуживание одним дозиметристом двух установок.

9. 3. Лица или подразделения, осуществляющие радиационный контроль, проводят:

а) индивидуальный дозиметрический контроль (по бета- и гамма-излучениям) персонала, работающего на установке и обслуживающего ее;

б) контроль уровней внешнего облучения на рабочих местах;

в) периодический контроль эффективности биологической защиты от излучений;

г) систематический контроль радиоактивных загрязнений рабочих поверхностей здания, конструкций и оборудования;

д) контроль содержания радиоактивных аэрозолей, газов и токсических веществ в воздухе рабочих помещений;

е) контроль за исправностью систем блокировки и сигнализации;

ж) контроль исправности и эффективности работы вентиляции.

Примечание. Периодичность указанных видов контроля определяется положением о работе службы радиационной безопасности (ответственного за радиационный контроль лица). При наличии в учреждении (на предприятии) соответствующих специалистов, контроль за содержанием токсических веществ в атмосфере помещений, контроль исправности и эффективности работы вентиляции и системы блокировки и сигнализации может быть возложен на них.

9. 4. Результаты дозиметрического контроля должны регистрироваться в специальном журнале. На основании данных индивидуального дозиметрического контроля определяются суммарные (за квартал и год работы) дозы облучения (по бета- и гамма-излучениям), полученные обслуживающим персоналом.

На всех лиц, работающих на установках, заводятся индивидуальные карточки, в которые заносятся квартальные и годовые дозы внешнего облучения, регистрируется участие в аварийных , ремонтных и загрузочных (перегрузочных) работах, связанных с радиационной опасностью, а также фиксируются сведения о сдаче зачетов по радиационной безопасности в установленные сроки.

9. 5. При расчете доз внутреннего облучения должно использоваться значение СДК и, при необходимости, величины накопления радиоактивных изотопов в организме работающих.

9. 6. Помимо плановых исследований радиационный контроль должен проводиться во всех случаях, когда возможно изменение контролируемых параметров (при модернизации установки, после аварийных ситуаций т. п.).

9. 7. Периодичность профилактического осмотра установки и проведения ремонтно-профилактических работ устанавливаются инструкцией.

9. 8. Все ремонтно-профилактические и аварийные работы, должны проводиться под радиационным контролем в соответствующей спецодежде с защитой органов дыхания.

9. 9. В проекте установки должно быть предусмотрено оснащение службы радиационной безопасности современной аппаратурой, необходимой для проведения всего необходимого комплекса измерений.

10. Мероприятия по предупреждению аварий

10. 1. Установки должны быть снабжены устройством для принудительного дистанционного перемещения облучателя в положение хранения в случае его заклинивания (или принудительного перемещения шибера, отделяющего облучатель от камеры облучения).

10. 2. Все манипуляции с источниками бета-излучения и облучателем должны проводиться таким образом, чтобы исключить их механическое повреждение.

10. 3. При проектировании установок 1 и 2 категорий необходимо выполнение расчета теплового режима источников в рабочем положении и в положении хранения. В случае, если температура на поверхности бета-источников превышает величину, определяемую техническими условиями, как допустимую для данного материала и конструкции, необходимо предусмотреть принудительное охлаждение облучателя. Отвод тепла должен быть осуществлен таким образом, чтобы избежать повреждения оболочек бета-источников за счет температурных воздействий.

10. 4. При воздушном охлаждении облучателя (с выбросом нагретого воздуха в атмосферу) должна быть предусмотрена очистка удаляемого воздуха от возможных аэрозольных загрязнений.

10. 5. Облучение взрывоопасных объектов на мощных бета-установках запрещается. В исключительных случаях при согласовании с органами санэпидемслужбы и Госгортехнадзора может быть разрешено облучение взрыво- и пожароопасных веществ с соблюдением противопожарных мероприятий.

* *
*

Настоящие Правила распространяются на все проектируемые, строящиеся и действующие мощные бета-установки и вводятся в действие с момента 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 местными органами государственного санитарного надзора.

С изданием настоящих Правил «Санитарные правила устройства и эксплуатации мощных изотопных бета-установок» № 825—69 отменяются.

Основные определения и понятия

1. Мощные бета-установки — комплексные устройства, предназначенные для осуществления воздействия на разнообразные объекты (предметы, вещества или материалы) ионизирующих излучений, основной компонент которых составляют бета-частицы; допускается примесь только мягких электромагнитных излучений (сопутствующего, примесного и тормозного) в количестве не более 10% от общей мощности излучения. Общая активность заряженного в установку радиоактивного изотопа составляет не менее 50 кюри; в тексте Правил термин «мощная бета-установка» заменяется термином «установка».

2. Закрытый изотопный источник бета-излучения — подверженный бета-распаду изотоп в виде химического или физического соединения, заключенный в герметическую оболочку, обеспечивающую выход бета-частиц за ее пределы.

3. Облучатель — узел установки, обеспечивающий необходимое взаимное расположение отдельных источников бета-излучения и облучаемого объекта.

4. Биологическая защита от бета-излучения — полностью или частично замкнутая оболочка, выполненная из специально подобранных материалов определенной плотности и толщины и обеспечивающая снижение потоков бета-частиц и электромагнитных излучений установки до допустимого уровня (в тексте Правил — биологическая защита или защита).

5. Камера облучения (рабочая камера) — пространство установки, окруженное биологической защитой и предназначенное для размещения облучаемых объектов.

6. Хранилище облучателя — пространство установки, окруженное биологической защитой и предназначенное для размещения облучателя в нерабочем положении; отделено от камеры облучения защитным шибером.

7. Установка с неподвижным облучателем — установка, в которой облучаемый объект перемещается к облучателю, а сам облучатель неподвижен (возможно лишь небольшое перемещение облучателя или его элементов для изменения конфигурации и величины радиационных полей).

8. Установка с подвижным облучателем — установка, в которой облучатель перемещается из хранилища в камеру облучения, а объект облучения неподвижен.

9. Технологические каналы — отверстия различной конфигурации, созданные в биологической защите установки и предназначенные для подводки коммуникаций, а также подачи объектов на облучение.

10. Операторская — помещение, в котором размещается либо сама установка с пультом управления, либо только пульт управления установкой и процессами, проводимыми на ней.

11. Коррозионно-активные объекты — вещества, подвергающиеся облучению или образующиеся в его процессе, могущие при попадании на поверхность бета-источников привести к разрушению их герметизирующих оболочек.

Приложение 2

Радиационно-физические характеристики некоторых бета-изотопов, применяемых в бета-установках

Элемент (символ)	Период полураспада, T 1/2, год	Бета-излучение: максимальная энергия E_β, Мэв	Бета-излучение: средняя энергия E_β, Мэв	Бета-излучение: выход на распад, в долях	Бета-излучение: максимальный пробег R_β, г/см²	Гамма-излучение: энергия E_{γ_i}, Мэв	Гамма-излучение: выход на распад, в долях	Гамма-излучение: дифференциальная гамма-постоянная, K_{γ_i} р/ч	Гамма-излучение: суммарная гамма-постоянная, K_γ р/ч	Среднегодовая допустимая концентрации (СДК), кюри/л: для персонала (в воздухе рабочих помещений)	для отдельных лиц из населения: в атмосферном воздухе *	для отдельных лиц из населения: в воде
Стронций ($^{90}Sr_{38}$)	27,7	0,54	0,2	1,0						$1,2 \cdot 10^{-12}$	$4 \cdot 10^{-14}$	$4,0 \cdot 10^{-10}$
+ Иттрий ($^{90}Y_{39}$)	0,014	2,26	0,89	1,0	1,1	1,73	$2 \cdot 10^{-4}$	0,0017	0,0017	$1,0 \cdot 10^{-10}$	$3,5 \cdot 10^{-12}$	$2,0 \cdot 10^{-8}$
Рутений ($^{106}Ru_{44}$)	1,0	0,04	0,015	1,0		2,46	10^{-3}	0,01		$5,6 \cdot 10^{-12}$	$1,9 \cdot 10^{-13}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$
+ Родий ($^{106}Rh_{45}$)	10^{-6}	0,66	0,25	0,005					1,17			
		0,91	0,33	0,005		2,28	10^{-3}	0,01				
		1,11	0,4	0,001		1,55	10^{-3}	0,01				
		1,27	0,45	0,003		1,76	0,002	0,02				
		1,52	0,52	0,006		1,14	0,004	0,02				
		1,96	0,68	0,025		1,03	0,017					
		2,4	0,95	0,12		0,87	0,003	0,01				
		3,05	**1,1**	**0,12**		**0,62**	**0,104**	**0,38**				
		3,55	1,2	0,7	1,8	0,52	0,205	0,61				
Церий ($^{144}Ce_{58}$)	0,78	0,18	0,06	0,24		0,14	0,153	0,098	0,175	$6,4 \cdot 10^{-12}$	$2,2 \cdot 10^{-13}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$
		0,31	0,12	0,76		0,1	0,015	0,007				
						0,08	0,072	0,027				
						0,54	0,005	0,002				
						0,5	0,082	0,041				
+ Празеодим ($^{144}Pr_{59}$)	10^{-5}	0,9	0,31	0,02		2,19	0,014	0,14	0,32			
		2,45	0,85	0,03	1,6	1,49	0,006	0,04				
						0,7	0,036	0,14				

* Настоящие СДК приведены только для ингаляционного пути поступления.

Расчет биологической защиты мощных бета-установок

А. Расчет толщины барьерной защиты

Пробег бета-частиц, испускаемых радиоактивными изотопами, в конденсированных средах (твердых телах и жидкостях) зависит от максимальной энергии бета-частиц и для всех встречающихся в практике случаев составляет величину не более 1,0 ÷ 2,0 г/см^2. Вследствие этого защита персонала от собственно бета-излучения не представляет технических трудностей. Например, для полного поглощения бета-излучения источника на основе изотопов стронций-90 + иттрий-90 любой активности достаточно экрана, выполненного из органического стекла (полиметилметакрилата) толщиной 12 мм или алюминия толщиной 4 мм. Максимальные пробеги бета-частиц в г/см^2 для некоторых распространенных бета-излучателей приведены в приложении 2.

Однако в подавляющем большинстве случаев бета-излучению, используемому для технологических целей, неизбежно сопутствует жесткое электромагнитное излучение, интенсивность и энергия которого и определяют необходимую толщину биологической защиты. В общем случае при эксплуатации бета-установок имеют место следующие виды электромагнитных излучений:

а) тормозное излучение, возникающее при взаимодействии быстрых электронов с электрическими полями излучающих (внутреннее тормозное излучение) или посторонних (внешнее тормозное излучение) ядер. Спектр тормозного излучения непрерывен, определяется аналитически сложными зависимостями; его форма зависит от спектра электронов (непрерывный бета-спектр или линейчатый — электронов внутренней конверсии); максимальная энергия соответствует максимальной энергии бета-частиц; интенсивность зависит от энергии бета-частиц и порядкового номера вещества, в котором тормозятся электроны; радиационная мощность тормозного излучения может составлять несколько процентов от мощности бета-излучения. Источниками тормозного излучения являются: радиоактивное вещество, конструкционные материалы бета-источника, облучателя и бета-установки; облучаемые объекты и биологическая защита;

б) гамма-излучение, сопутствующее бета-распаду основного или дочернего изотопа (в том числе при изомерных пе-

реходах), имеет линейчатый спектр; интенсивность характеризуется дифференциальными и суммарной гамма-постоянными (см. приложение 2);

в) гамма-излучение примесных радиоактивных изотопов, в том числе и радиоактивных изотопов того же элемента, к которому принадлежит основной изотоп характеризуется теми же параметрами, что и в п. б), а также процентным содержанием (по весу, активности или мощности излучения) в основном изотопе, которое приводится в паспорте или ТУ на бета-источники.

Защита облучателей мощных бета-установок должна предусматривать защиту от всех видов внешнего излучения.

1. Безопасные условия работы с бета-источниками определяются по соотношению:

$$\frac{Q \cdot 3{,}7 \cdot 10^7 n}{4\pi R^2} e^{-\mu d} \leqslant \frac{720}{t}$$

Это соотношение справедливо при условии, что выполняется экспоненциальный закон ослабления бета-частиц в защитном экране толщиной d (см), а энергия бета-частиц не превышает 10 Мэв.

μ — коэффициент ослабления бета-частиц в веществе ($см^{-1}$);

Q — активность (мкюри);

R — расстояние от источника (см);

t — время работы с источником (ч/неделя);

n — число бета-частиц на распад.

2. Интенсивность тормозного излучения для бета-частиц *, обладающих непрерывным спектром, определяется из соотношения:

$$I_\beta = 1{,}23 \cdot 10^{-4} \quad (\overline{Z} + 3) \sum_{i=1}^{m} n_{\beta_i} E_{\beta_i}^2 \quad \text{Мэв/распад,}$$

при торможении моноэнергетических электронов:

$$I_c = 5{,}77 \cdot 10^{-4} \overline{Z} \sum_{i=1}^{m} n_{c_i} E_{c_i}^2 \text{ Мэв/распад,}$$

где $\overline{Z} = \dfrac{\sum_{i=1}^{m} \alpha_i Z_i^2}{\sum_{i=n}^{n} \alpha_i Z_i}$ — эффективный атомный номер вещества, в котором происходит торможение электронов;

* Формула не учитывает самопоглощения бета-частиц в источнике.

α_i — доля общего числа атомов соединения, имеющих атомный номер Z_i ;

n_{β_i} , n_{c_i} — выход бета-частиц и моноэнергетических электронов на один распад ядра;

E_{β_i} , E_{c_i} — максимальная энергия бета-спектра и энергия электронов конверсии соответственно, Мэв;

m — число линий бета-частиц или электронов конверсии в спектре изотопа.

3. Мощность экспозиционной дозы тормозного излучения* в случае точечного изотропного источника определяется по формуле:

$$P = \frac{Q \cdot 3{,}7 \cdot 10^7 \cdot 1 \cdot \gamma(h\nu)}{4\pi R^2 \cdot 7{,}1 \cdot 10^4} \text{ р/с},$$

где γ $(\overline{h\nu})$ — линейный коэффициент истинного поглощения в воздухе, взятый для эффективной энергии γ — квантов тормозного излучения $см^{-1}$; $7{,}1 \cdot 10^4$ — энергетический эквивалент рентгена, Мэв/р;

I — энергия тормозного излучения (Мэв/распад), определяемая по выше приведенным формулам**.

Для плоскостных бета-облучателей может быть использовано выражение для расчета мощности дозы над поверхностью эквивалентного диска.

4. Определяется кратность ослабления $K = \frac{P}{P_{пду}}$; по универсальным таблицам для эффективной энергии $E_{эфф}$ находят необходимую толщину защиты для выбранного материала. С достаточной для практических расчетов точностью можно считать, что эффективная энергия квантов тормозного излучения равна половине максимальной энергии тормозящихся бета-частиц при $E_{макс} \leqslant 10$ Мэв и одной трети максимальной энергии, если 10 Мэв $\leqslant E_{макс} \leqslant 30$ Мэв.

---

* Спектральные распределения энергии излучения источников, применяемых в бета-установках, приведены в сб. «Радиационная техника» вып. 6, 1971 г., стр. 49.

** Для расчетов можно использовать также данные справочника Л. Р. Кимеля и В. П. Машковича «Защита от ионизирующих излучений» М., Атомиздат, 1972 и работу В. Ф. Баранова в сб. «Вопросы дозиметрии и защиты от излучений». Под ред. Л. Р. Кимеля. Вып. 7, М., Атомиздат, 1967, стр. 41.

Б. Расчет прохождения излучения через технологические каналы в биологической защите

Учитывая, что мощные бета-установки часто используются для облучения материалов в тонких слоях, создание непрерывного технологического процесса требует наличия в биологической защите относительно узких щелей для пропускания лент рулонных материалов или специальных транспортеров. В связи с этим возникает необходимость расчета фактической мощности дозы излучения вблизи щели, либо обратная задача — определения необходимой геометрии щели для того, чтобы мощность дозы на выходе из нее не превышала допустимых значений.

Точный аналитический расчет таких систем чрезвычайно сложен и не применим в практических случаях.

Ниже предлагается полуэмпирическая зависимость, позволяющая в первом приближении решать поставленные задачи, полученная для облучателей, собранных из реальных (стронций-90 + иттрий-90) источников, при следующих допущениях:

— облучатель плоскостной прямоугольной формы;

— материал конструкций и защиты — алюминий, нержавеющая сталь, свинец;

— технологическая щель параллельна плоскости облучателя;

— ширина щели приблизительно равна ширине источника.

В случаях, соответствующих приведенным допущениям, мощность дозы, определяемая нижеприведенным выражением, несколько превышает фактическую:

$$P = \frac{3{,}43 \cdot 10^2 \cdot A \cdot \delta}{t^2} \left(4e^{-0{,}6x} + e^{-0{,}25x}\right),$$

где P — мощность дозы на оси щели на расстоянии x (см) от наружной поверхности защиты, мкбэр/с;

A — активность облучателя по стронцию-90, кюри;

δ — высота щели, см;

t — глубина щели, см.

Контроль содержания бета-активных аэрозолей в воздухе рабочих помещений

Метод определения концентрации радиоактивных аэрозолей основан на отборе пробы аэродисперсной фазы на эффективный аналитический фильтр с последующим измерением активности задержанного фильтром осадка с помощью радиометрического прибора.

Для проведения анализа необходимы следующие приборы и оборудование:

1. Аналитические фильтры типа АФА-РМП-20 по СТУ 36—22—440/117—64.

2. Фильтродержатели типа «ИРА» к фильтрам АФА-РМП-20.

3. Газодувка любого типа, обеспечивающая объемную скорость воздуха, проходящего через фильтр, около 100 л/мин с прибором для определения количества воздуха, прошедшего через фильтр.

4. Радиометрический прибор для определения активности аэрозолей, осевших на фильтр.

5. Воздуховод, соединяющий фильтродержатель со всасывающим патрубком газодувки.

Место отбора пробы должно находиться в непосредственной близи от установки (не далее 0,5 м от поверхности защиты), желательно — в месте прохода технологических каналов через защиту, а также на уровне дыхания сотрудников, работающих на установке.

Анализ проводят следующим образом:

1. Радиометрическим прибором определяют внешний фон.

2. Вынимают из кассеты за выступ аналитический фильтр, помещают в фильтродержатель и плотно его закрепляют.

3. Помещают фильтродержатель с фильтром в систему пробоотбора.

4. Включают газодувку и производят отбор пробы аэрозолей в течение определенного времени. Объемная скорость воздуха не должна превышать 100 л/мин. Количество воздуха, прошедшего через фильтр, должно быть не менее 10 м^3

(при определении активности на приборе ТИСС с датчиком ТЧ).

Примечание. При использовании других приборов для определения активности необходимо количество воздуха, проходящего через фильтр, привести в соответствие с чувствительностью используемого прибора (определение концентраций аэрозолей на уровне СДК в воздухе рабочих помещений по основному изотопу).

5. После отбора пробы вынимают фильтр за выступ из фильтродержателя и освобождают его от защитных колец, которые предохраняют фильтр от загрязнения в фильтродержателе и переносят его к месту измерения: радиоактивности.

6. Удерживая фильтр за выступ опорного кольца, помещают его на бумажную подложку лицевой стороной вверх и обрезают ножницами выступ.

7. Фильтр на бумажной подложке помещают под датчиком прибора и производят измерение активности задержанного осадка.

Примечание. Измерение фильтра можно проводить по частям, разделив его на несколько участков, а также после его озоления.

8. По данным и результатам анализа вычисляют концентрацию радиоактивных аэрозолей по формуле:

$$C_{ф} = \frac{A_{ф}\ (кюри)}{V_{ф}\ (л)}$$

где $A_{ф} = \frac{\overline{N}_{ф} A_{эт}}{\overline{N}_{эт}}$ — активность задержанного фильтром осадка, кюри;

$V_{ф}$ — количество воздуха, прошедшего через фильтр, литров;

$\overline{N}_{ф} = \frac{\sum_{i}^{n} N_i}{n} - N_0$ — среднее число импульсов в мин, зафиксированное прибором при обсчете фильтра;

n — число измерений;

$\frac{\sum_{i}^{n} N_i}{n}$ — среднее число импульсов, имп/мин;

N_0 — внешний фон, имп/мин;

$A_{эт}$ — активность эталона, кюри;

$\overline{N}_{эт}$ — среднее число импульсов в минуту, зафиксированное прибором от эталона, имп/мин.

Примечание. В качестве эталона используется образцовый излучатель с изотопом стронций-90 + иттрий-90 согласно МРТУ 10—43—64.

9. Результаты измерений заносятся в дозиметрический журнал.

10. Анализ следует проводить строго соблюдая правила радиостерильности. Фильтр для предохранения его от загрязнения активностью при работе, начиная с момента извлечения его из кассеты и кончая измерением активности задержанного осадка, следует брать только за выступ колец. Нельзя допускать прикосновения рабочей поверхности фильтра к загрязненным предметам.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	1
1. Общие положения	2
2. Требования к размещению мощных бета-установок	4
3. Конструкция установок	5
4. Требования к защите	5
5. Требования к системам блокировки и сигнализации	6
6. Требования к вентиляции	7
7. Меры по предупреждению радиоактивных загрязнений и их ликвидация	8
8. Загрузка, догрузка и смена радиоактивных препаратов	9
9. Радиационный и профилактический контроль	10
10. Мероприятия по предупреждению аварий	11
Приложение 1. Основные определения и понятия	13
Приложения 2, Радиационно-физические характеристики некоторых бета-изотопов, применяемых в бета-установках	15
Приложение 3. Расчет биологической защиты мощных бета-установок	16
Приложение 4. Контроль содержания бета-активных аэрозолей в воздухе рабочих помещений	20

gost.e-ecolog.ru

Л 73847 от 22.V-1974 г. Зак. 894 Тир. 500

Типография Министерства здравоохранения СССР