ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ
СТАНДАРТИЗАЦИИ

РМГ 146— 2019

Государственная система обеспечения единства измерений

УСТАНОВКИ РАДИАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ С УСКОРИТЕЛЯМИ ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Методика аттестации по поглощенной дозе в продукции

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о рекомендациях по межгосударственной стандартизации

1 РАЗРАБОТАНЫ Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»)

2 ВНЕСЕНЫ Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТЫ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 30 сентября 2019 г. № 122-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Госстандарт Республики Таджикистан

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 октября 2019 г. № 1070-ст рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 146—2019 введены в действие в качестве рекомендаций по стандартизации Российской Федерации с 1 июля 2020 г.

5 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящих рекомендаций и изменений к ним на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных (государственных) стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящих рекомендаций соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© Стандартинформ, оформление, 2019

В Российской Федерации настоящие рекомендации не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения и сокращения 1
4 Основные положения 3
5 Условия проведения измерений при аттестации 4
6 Средства аттестации 4
7 Требования к квалификации исполнителей 5
8 Требования безопасности 5
9 Операции аттестации 5
10 Проведение аттестации 6
11 Оформление результатов аттестации 15
Приложение А (обязательное) Пробеги электронов в приближении непрерывного замедления в разных материалах 16
Приложение Б (справочное) Форма свидетельства об аттестации радиационно-технологической установки 17
Приложение В (справочное) Форма свидетельства об аттестации радиационно-технологической установки по поглощенной дозе в продукции 19
Библиография 21

Введение

Настоящие рекомендации содержат требования и процедуры по аттестации радиационно-технологической установки (РТУ) по поглощенной дозе (ПД) в пищевой продукции, подвергаемой обработке электронным или рентгеновским (тормозным) излучением ускорителей электронов.

Облучение пищевой продукции проводят для борьбы с паразитами и патогенными микроорганизмами, подавления роста и созревания, уничтожения насекомых, а также для продления срока хранения пищевой продукции.

Пищевые продукты облучают на специализированных РТУ с использованием ускорителей электронов с выводом последних в атмосферу или на мишень. В результате прохождения электронов через мишень вблизи атомного ядра происходит их торможение или отклонение от первоначальной траектории и генерируется тормозное излучение.

При правильном проведении радиационная обработка является безопасным и надежным промышленным процессом.

Так как процесс облучения пищевой продукции является специальным технологическим процессом, возможность проверки результатов которого в полной мере последующим испытанием продукции отсутствует, то он подлежит валидации.

Аттестация РТУ по ПД в пищевой продукции является одним из этапов валидации процесса радиационной обработки пищевых продуктов и имеет существенное значение, так как измерения ПД проводят с максимально достижимым уровнем точности.

Настоящие рекомендации устанавливают:

- возможность облучения объектов в регламентированном диапазоне ПД (минимальная доза $D_{мин}$ — максимальная доза $D_{макс}$);
- коэффициенты пропорциональности между дозой в контрольной точке и минимальной ПД, а также между ПД в контрольной точке и максимальной ПД в пищевой продукции при регламентированных условиях облучения;
- диапазон допускаемых значений ПД в контрольной точке при приемочном дозиметрическом контроле в процессе облучения пищевых продуктов;
- минимальное и максимальное время облучения пищевой продукции (скорость перемещения продукции).

МКС 17.020

Поправка к РМГ 146—2019 Государственная система обеспечения единства измерений. Установки радиационно-технологические с ускорителями электронов для радиационной обработки пищевых продуктов. Методика аттестации по поглощенной дозе в продукции

В каком месте	Напечатано	Должно быть
Предисловие. Таблица согласования	—	Узбекистан | UZ | Узстандарт

(ИУС № 3 2020 г.)

МКС 17.020

Поправка к РМГ 146—2019 Государственная система обеспечения единства измерений. Установки радиационно-технологические с ускорителями электронов для радиационной обработки пищевых продуктов. Методика аттестации по поглощенной дозе в продукции

В каком месте	Напечатано	Должно быть		
Предисловие. Таблица согласования	—	Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан

(ИУС № 8 2020 г.)

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

УСТАНОВКИ РАДИАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ С УСКОРИТЕЛЯМИ ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Методика аттестации по поглощенной дозе в продукции

State system for ensuring the uniformity of measurements.
Radiation-technological facilities with electron accelerators for foodstuffs radiation processing.
Methods of certification on absorbed dose in products

Дата введения — 2020—07—01

1 Область применения

Настоящие рекомендации распространяются на радиационно-технологические установки (РТУ) с ускорителями электронов для облучения пищевой продукции по ГОСТ ISO 14470 и ГОСТ 8.664 и устанавливают порядок проведения процедуры, методы, средства измерений и методы обработки и представления результатов измерений при их аттестации.

2 Нормативные ссылки

В настоящих рекомендациях использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 8.664 Государственная система обеспечения единства измерений. Пищевые продукты. Радиационная обработка пищевых продуктов. Требования к дозиметрическому обеспечению

ГОСТ 11069 Алюминий первичный. Марки

ГОСТ 17435 Линейки чертежные. Технические условия

ГОСТ ISO 14470 Радиационная обработка пищевых продуктов. Требования к разработке, валидации и повседневному контролю процесса облучения пищевых продуктов ионизирующим излучением

Примечание — При пользовании настоящими рекомендациями целесообразно проверить действие ссылочных документов и классификаторов на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (gost.e-ecolog.ru) указателям национальных стандартов, издаваемым в государствах, указанных в предисловии, или на официальных сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации. Если на документ дана недатированная ссылка, то следует использовать документ, действующий на текущий момент, с учетом всех внесенных в него изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то следует использовать указанную версию этого документа. Если после принятия настоящих рекомендаций в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение применяется без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящих рекомендациях применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **радиационно-технологическая установка:** Установка, предназначенная для осуществления технологического процесса радиационной обработки пищевых продуктов.

Издание официальное

3.1.2 **аттестация радиационно-технологической установки по поглощенной дозе в продукции:** Документальное подтверждение пригодности радиационно-технологической установки для радиационной обработки конкретной пищевой продукции в конкретных условиях.

3.1.3 **радиационная обработка пищевых продуктов:** Обработка пищевых продуктов ионизирующим излучением, а именно — гамма-излучением, рентгеновским (тормозным) излучением или потоком ускоренных электронов.

3.1.4 **минимальная допускаемая доза; $D_{мин}$:** Минимальная поглощенная доза, необходимая для выполнения нормативных требований.

Примечание — Минимальная допускаемая доза является нижней границей диапазона допускаемых значений поглощенной дозы ионизирующего излучения в пищевой продукции, зависит от микробиологического состояния необлученной продукции и требуемого нормативными актами и/или нормативными документами по безопасности микробиологического состояния пищевой продукции, устанавливается уполномоченными органами при ее постановке на производство.

3.1.5 **максимальная допускаемая доза; $D_{макс}$:** Максимальная поглощенная доза ионизирующего излучения в продукции, при которой не нарушается безопасность пищевой продукции и ее качество, соответствует требованиям нормативных документов в течение установленного срока годности.

Примечание — Максимальная допускаемая поглощенная доза является верхней границей диапазона допускаемых значений поглощенной дозы в пищевой продукции, зависит от радиационной стойкости применяемых материалов для упаковки пищевой продукции и требований нормативных документов к безопасности и качеству пищевой продукции, устанавливается уполномоченными органами при постановке продукции на производство.

3.1.6 **укладка продукции:** Пространственное расположение упакованной в индивидуальную упаковку пищевой продукции в облучаемом объекте.

Примечание — Укладка единичных упаковок с пищевой продукцией регламентируется соответствующим документом и должна быть соблюдена при радиационной обработке пищевых продуктов.

3.1.7 **облучаемый объект в процессе радиационной обработки продукции (объект):** Продукция в упаковке (транспортной, потребительской или индивидуальной таре), перемещаемая в зоне облучения индивидуально или в виде сборки (блок продукции) как единое целое при радиационной обработке.

3.1.8 **контрольная точка:** Небольшая область (участок на транспортной упаковке) объекта радиационного контроля (место расположения первичного источника информации о контролируемом параметре объекта), назначенная(ый) для измерений контролируемых радиационных параметров (устанавливают при аттестации радиационно-технологической установки по поглощенной дозе в продукции).

3.1.9

пищевая продукция: Продукты животного, растительного, микробиологического, минерального, искусственного или биотехнологического происхождения в натуральном, обработанном или переработанном виде, которые предназначены для употребления человеком в пищу, в том числе специализированная пищевая продукция, питьевая вода, расфасованная в емкости, питьевая минеральная вода, алкогольная продукция (в том числе пиво и напитки на основе пива), безалкогольные напитки, биологически активные добавки к пище (БАД), жевательная резинка, закваски и стартовые культуры микроорганизмов, дрожжи, пищевые добавки и ароматизаторы, а также продовольственное (пищевое) сырье.

[[1], статья 4]

3.1.10

пищевые продукты: Продукты в натуральном или переработанном виде, употребляемые человеком в пищу (в том числе продукты детского питания, продукты диетического питания и другие специализированные продукты), питьевая вода, расфасованная в емкости (бутилированная питьевая вода), алкогольная продукция (в том числе пиво), безалкогольные напитки, жевательная резинка, а также продовольственное сырье, пищевые добавки и биологически активные добавки к пище. Требования к питьевой воде, расфасованной в емкости (бутилированная питьевая вода), определяются другими разделами единых санитарных требований.

[[2], глава II, пункт 3]

3.1.11 **приемочный дозиметрический контроль процесса радиационной обработки пищевой продукции:** Контроль соответствия значения поглощенных доз в пищевых продуктах требованиям нормативных актов и/или нормативных документов по безопасности микробиологического состояния пищевых продуктов.

3.1.12

поглощенная доза ионизирующего излучения; *D*, Гр: Отношение средней энергии $d\varepsilon$, переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе dm вещества в этом объеме

$$D = d\varepsilon/dm.$$

[ГОСТ 8.638—2013, пункт А.1 приложения А]

Примечание — В соответствии с ГОСТ 34157 и ГОСТ 34156 поглощенную дозу в пищевой продукции определяют с помощью средств измерений, аттестованных по поглощенной дозе в воде.

3.1.13 **оператор облучения:** Организация или предприятие, проводящие радиационную обработку пищевой продукции и ответственные за облучение продукции.

3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

МСО — межгосударственный стандартный образец;

НД — нормативный документ;

РТУ — радиационно-технологическая установка;

СИ — средство измерений;

ТУ — технические условия.

4 Основные положения

4.1 Одним из основных параметров радиационной обработки пищевых продуктов, измерение которого обеспечивает возможность контроля за выполнением требований по безопасности, предъявляемых к пищевым продуктам, является ПД ионизирующего излучения в обрабатываемой пищевой продукции.

4.2 При проведении аттестации РТУ по ПД в пищевой продукции должна быть обеспечена прослеживаемость измерений ПД ионизирующего излучения к эталонам единицы мощности ПД ионизирующего излучения в стандартных материалах и тем самым обеспечена прослеживаемость величин $D_{мин}$ и $D_{макс}$, характеризующих безопасность пищевых продуктов.

4.3 РТУ подвергают первичной, периодической и внеочередной аттестации для каждого вида пищевой продукции.

4.3.1 Первичную аттестацию РТУ по ПД для конкретного вида пищевой продукции проводят после отработки технологии радиационной обработки при постановке пищевой продукции на производство.

4.3.2 Периодическую аттестацию проводят перед окончанием срока действия свидетельства предыдущей аттестации. Периодичность проведения аттестации РТУ по ПД в пищевой продукции — 1 год.

4.3.3 Внеочередную аттестацию проводят после изменения процесса облучения пищевых продуктов, приведшего к изменению распределения ПД в объекте после:

- ремонта РТУ (замена фольги выходного окна ускорителя, а также замена клистрона, магнетрона и т. д.), транспортной системы, изменения положения облучаемого объекта, изменения энергии электронов, тока пучка и развертки, систем их контроля;
- изменения схемы облучения, габаритов транспортной тары, вида единичной упаковки, способа укладки и количества пищевой продукции, упакованной в транспортную тару.

4.4 Настоящие рекомендации предусматривают проведение аттестации РТУ с ускорителями электронов на основе измерений ПД в различных точках облучаемых объектов (продукции) и определение связи измеряемых величин с контролируемыми при облучении пищевой продукции параметрами ускорителя и транспортной системы.

4.5 При аттестации РТУ измеряют параметры, определяющие ее пригодность для использования, такие как:

- ширина развертки пучка;
- наиболее вероятная и средняя энергия ускоренных электронов;

- зависимость ПД от скорости конвейера;
- пропорциональность показаний монитора тока пучка от мощности ПД;
- воспроизводимость их установления по показаниям контрольно-измерительного оборудования РТУ при перестройке режимов работы и при повторных включениях РТУ.

4.6 При аттестации РТУ по ПД в продукции устанавливают:

- возможность облучения объектов в определенном диапазоне ПД от $D_{мин}$ до $D_{макс}$;
- коэффициенты пропорциональности $K_{мин}$ и $K_{макс}$, определяющие связь между ПД в контрольной точке и минимальной ПД, а также между ПД в контрольной точке и максимальной ПД в продукции при регламентированных условиях облучения;
- погрешность измерений $D_{мин}$ и $D_{макс}$ с учетом погрешности измерения МСО при приемочном дозиметрическом контроле в процессе облучения пищевой продукции;
- минимальное $V_{мин}$ и максимальное $V_{макс}$ значения скорости перемещения пищевой продукции под выходным окном ускорителя;
- диапазон допустимых значений ПД в контрольной точке при приемочном дозиметрическом контроле в процессе облучения пищевой продукции.

4.7 Ответственность за своевременное проведение аттестации РТУ возлагается на организацию — оператора облучения, а аттестации РТУ по ПД в продукции — на организацию, осуществляющую выпуск пищевой продукции.

5 Условия проведения измерений при аттестации

При проведении измерений должны быть соблюдены условия, при которых обеспечивается работоспособность применяемых для аттестации СИ.

СИ и средства контроля, входящие в состав РТУ, подготавливают к работе в соответствии с требованиями НД на них и инструкцией по эксплуатации на ускоритель.

РТУ, подлежащая аттестации, должна иметь систему контроля следующих технологических параметров:

- энергии электронного излучения в зоне облучения (например, магнитный спектрометр либо фольговый зарядовый спектрометр);
- длительности и частоты повторения импульсов тока пучка электронов;
- частоты развертки и ширины развернутого пучка электронов в зоне облучения (значения параметра, регулирующего ширину пучка электронов, должны регистрироваться на ленте самописца или в памяти компьютера);
- мощности ПД или тока (плотности тока) пучка (значение измеряемого параметра должно регистрироваться на ленте самописца или в памяти компьютера);
- скорости движения конвейера с продукцией в зоне облучения (с регистрацией скорости на ленте самописца или в памяти компьютера).

6 Средства аттестации

6.1 При проведении аттестации применяют следующие средства измерений и вспомогательное оборудование:

а) эталон единицы мощности ПД фотонного ионизирующего излучения в стандартных материалах;

б) МСО ПД фотонного и электронного излучений (сополимер с феназиновым красителем) «СО ПД(Ф)Э-5/50» с погрешностью аттестации не более ± 3 % при P = 0,95; № 1757:2012 в Реестре МСО.

Примечание — Может быть применен МСО ПД фотонного и электронного излучений утвержденного типа с характеристиками не хуже указанных выше;

в) МСО ПД фотонного и электронного излучений (сополимер с феназиновым красителем) «СО ПД(Ф)Р-5/50» с погрешностью аттестации не более ±7 % при P = 0,95; № 1735:2011 в Реестре МСО (для предварительных измерений).

Примечание — Может быть применен МСО ПД фотонного и электронного излучений утвержденного типа с характеристиками не хуже указанных выше;

г) МСО ПД фотонного и электронного излучений (сополимер 4-диэтиламин-оазобензоловым красителем) «СО ПД(Э)-1/10» с погрешностью аттестации не более ±5 % при P = 0,95; № 2089:2017 в Реестре МСО.

Примечание — Может быть применен МСО ПД фотонного и электронного излучений утвержденного типа с характеристиками не хуже указанных выше;

д) спектрофотометр для измерений коэффициента пропускания Т или оптической плотности A в видимой области спектра с абсолютной погрешностью измерения не более $\Delta(T) \leq 0,3$ % при P = 0,95, например Specord M40 и др.;

е) сканирующее устройство к спектрофотометру для автоматизированных измерений оптической плотности по длине протяженных МСО;

ж) приспособления для крепления и размещения детекторов;

и) линейка по ГОСТ 17435;

к) устройство для измерений пробегов электронов в алюминии или графите (см. приложение А).

7 Требования к квалификации исполнителей

К проведению измерений допускают лиц:

- имеющих профильное образование, получивших соответствующую методическую подготовку;
- имеющих практический опыт работы в области измерений интенсивных потоков ионизирующих излучений;
- изучивших настоящие рекомендации и эксплуатационную документацию на РТУ.

8 Требования безопасности

При проведении измерений на РТУ необходимо соблюдать требования правил безопасного ведения работ и инструкций, действующих в организации.

9 Операции аттестации

При проведении аттестации РТУ выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 — Операции аттестации

Наименование операции	Номер пункта подраздела, пункта	Обязательность проведения операций	
		при первичной аттестации	при периодической аттестации
Проверка НД	10.1	Да	Да
Внешний осмотр РТУ	10.2	Да	Да
Анализ	10.3	Да	Да
Аттестация РТУ			
Определение ПД при помощи МСО	10.4.1	Да	Да
Определение ширины развернутого пучка и стабильности системы контроля ширины развернутого пучка	10.4.2	Да	Да
Определение стабильности скорости движения конвейера с продукцией в зоне облучения	10.4.3	Да	Да
Измерения средней и наиболее вероятной энергии электронного излучения	10.4.4	Да	Да
Определение воспроизводимости работы монитора тока пучка электронов	10.4.5	Да	Да
Определение воспроизводимости средств контроля параметров РТУ	10.4.6	Да	Да

Окончание таблицы 1

Наименование операции	Номер пункта подраздела, пункта	Обязательность проведения операций	
		при первичной аттестации	при периодической аттестации
Аттестация РТУ по ПД в продукции			
Определение $D_{мин}$, $D_{макс}$, $D_{контр}$ и соотношения между ними для конкретных видов пищевой продукции	10.5	Да	Да
Определение регламентированных условий проведения процесса радиационной обработки конкретных видов пищевой продукции	10.6	Да	Нет

10 Проведение аттестации

10.1 РТУ представляют на аттестацию с комплектом НД, который в зависимости от ее типа и вида работ содержит:

при аттестации:

- техническую и эксплуатационную документацию на РТУ.

Примечание — Данную документацию предоставляет оператор облучения;

при аттестации по ПД в пищевой продукции:

- ТУ (проект ТУ, санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов) или другой документ на пищевую продукцию, в котором указаны нормативные требования на готовую пищевую продукцию, а именно допустимая контаминация готовой (облученной) пищевой продукции.

Примечания

1 Предоставляет производитель пищевой продукции.

2 В ТУ не следует указывать $D_{мин}$ и $D_{макс}$, они меняются от партии к партии;

- инструкцию по радиационной обработке пищевой продукции, в которой указаны нормативные требования на процесс радиационной обработки, необходимые для выполнения требований ТУ [проекта ТУ, санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (далее — СанПиН]: $D_{мин}$ и $D_{макс}$;
- протокол измерений ПД, проводимых при отработке процесса облучения конкретного вида пищевой продукции при постановке на производство;
- свидетельство о предыдущей аттестации РТУ по ПД в пищевой продукции (в случае периодической аттестации).

10.2 Внешний осмотр радиационно-технологической установки

10.2.1 При внешнем осмотре РТУ проверяют наличие:

- средств контроля режимов работы ускорителя;
- систем контроля и непрерывной записи тока пучка электронов, тока магнита развертки, скорости движения продукции в зоне облучения;
- системы визуального слежения за движением (перемещением) объектов в камере облучения;
- на щите управления средств аварийного отключения пучка электронов и транспортного устройства.

10.3 Анализ

На основе данных, полученных по 10.1 и 10.2, определяют необходимый объем работ для исследования РТУ, количество исследуемых объектов, количество МСО, составляют схему расположения МСО в объекте.

10.4 Определение характеристик радиационно-технологической установки

При аттестации РТУ измеряют следующие параметры, определяющие ее пригодность для использования: ширину развертки пучка, наиболее вероятную и среднюю энергию ускоренных электронов, стабильность скорости конвейера, пропорциональность показаний монитора тока пучка мощности ПД, а также определяют воспроизводимость их установления по показаниям контрольно-измерительного оборудования РТУ при перестройке режимов работы и повторных включениях установки.

10.4.1 Определение поглощенной дозы при помощи межгосударственного стандартного образца

10.4.1.1 Измерения ПД при аттестации проводят при помощи МСО, например СО ПД(Ф)Э-5/50 и/или СО ПД(Э)-1/10.

10.4.1.2 Транспортирование МСО, хранение и порядок проведения измерений ПД осуществляют согласно НД на них.

10.4.1.3 Для исключения систематической погрешности измерений, обусловленной пост-эффектом, в день проведения аттестации РТУ также проводят облучение той же партии МСО и на эталоне.

10.4.1.4 Облучение на эталоне проводят в трех точках рабочего диапазона значений ПД по пять МСО в каждой точке.

10.4.1.5 Измерение оптической плотности МСО, облученных на эталоне, первоначально проводят через 24 ч после облучения и повторно вместе с МСО, облученными при аттестации РТУ.

10.4.1.6 Результаты измерений оптической плотности МСО через 24 ч и повторно измеренную через несколько дней оптическую плотность МСО, облученных МСО на эталоне сравнивают между собой, для этого рассчитывают среднее значение оптической плотности для каждой дозы и поправку на «пост-эффект» МСО $ПЭ_{m24}$ по формуле

$$ПЭ = \overline{A}_m/\overline{A}_{24}, \quad (1)$$

где $\overline{A}_m$ — среднее значение оптической плотности МСО, измеренной через m дней после облучения;

$\overline{A}_{24}$ — среднее значение оптической плотности МСО, измеренной через 24 ч после облучения.

Поправку на «пост-эффект» учитывают при измерениях ПД при аттестации.

Примечание — Такую же процедуру проводят с СО ПД(Э)-1/10 при их использовании в процессе аттестации.

Измерения ПД проводят в следующем порядке:

- располагают МСО на поверхности ящика с продукцией (облучаемым объектом) и внутри него среди изделий;
- проводят необходимые облучения ящиков (объектов) с продукцией и МСО на аттестуемой РТУ;
- извлекают МСО из ящиков и проводят измерения ПД в соответствии с документацией на МСО;
- в показания МСО вносят поправку на «пост-эффект».

10.4.2 Определение ширины развернутого пучка и стабильности работы системы контроля ширины развернутого пучка (см. рисунки 1 и 2)

Для определения ширины развернутого пучка измеряют распределение ПД на поверхности подложки из тканеэквивалентного материала вдоль направления развертки пучка. В качестве подложки может быть использована плита из древесины, картона, полимера толщиной от 2 до 3 см, шириной на 15 % — 20 % более максимальной ширины облучаемого объекта при проведении процесса радиационной обработки пищевых продуктов ионизирующим излучением. Плиту располагают на конвейере перпендикулярно оси пучка электронов на таком же расстоянии от выводного окна ускорителя, как и переднюю (по отношению к пучку) поверхность ящика с облучаемой пищевой продукцией.

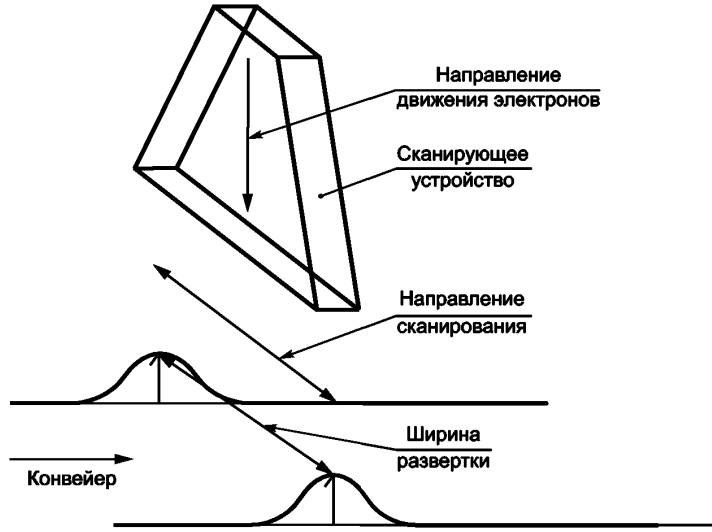

Рисунок 1 — Схема облучения при использовании конвейерной системы перемещения продукции

МСО располагают на подложке по линии, перпендикулярной направлению перемещения пищевой продукции. Одиночные МСО располагают на расстоянии не более чем 2 см друг от друга.

На распределение ПД по ширине развернутого пучка могут влиять ширина пучка (ток магнитов развертки), частота развертки, длительность и частота повторения импульсов электронов, скорость конвейера, расстояние от подложки до выводного окна ускорителя.

Проводят облучение, пропуская плиту с МСО через зону облучения один раз. Режим работы РТУ (ток пучка и скорость конвейера) устанавливают таким образом, чтобы значения ПД находились в рабочем диапазоне измерений МСО. Измеряют ПД, полученную МСО. Строят график распределения ПД на поверхности подложки по ширине развертки. За ширину пучка $L_п$ принимают отрезок, внутри которого для коэффициента неравномерности K выполняется условие

$$K = D_{макс}/D_{мин} \le 1{,}1. \quad (2)$$

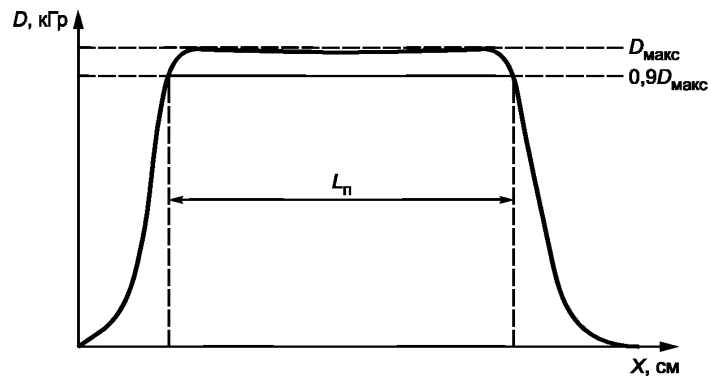

Рисунок 2 — Распределение поглощенных доз по ширине развертки ускорителя электронов

Ширину развернутого пучка измеряют для нескольких значений ($n \ge 3$) регулирующего параметра, которым является амплитуда тока отклоняющего магнита $I_{магн}$. Конкретные значения указанного параметра выбирают при проведении анализа по 10.3. Определяют отношение

$$K_i = L_{пi} / I_{магнi}. \quad (3)$$

Относительное среднеквадратическое отклонение для K_i не должно превышать 5 %.

Определяют нижнюю границу значений регулируемого параметра $L_{мин}$, при которых облучаемая продукция надежно перекрывается пучком

$$L_{мин} > 1{,}05 Y_{макс}, \quad (4)$$

где $Y_{макс}$ — максимальный размер облучаемого объекта в направлении сканирования.

Одновременно с измерениями L проводят измерения ПД в середине развертки пучка $D_к$. Для каждого значения управляющего параметра $I_{магнi}$ проводят не менее трех независимых измерений $D_к$. При этом регистрируют значения тока пучка и скорости конвейера

Для каждой пары значений D_{Ki} и $I_{магнi}$ рассчитывают коэффициент

$$K_i = I_{магнi} \cdot D_{Ki}. \quad (5)$$

Рассчитывают среднеарифметическое значение K и относительное среднеквадратическое отклонение S по формулам:

$$\overline{K} = \sum_n K_i / n; \quad (6)$$

$$S = \sqrt{\sum_n (K_i - \overline{K})^2 / (n-1)} \cdot 100 / \overline{K}, \quad (7)$$

где n — число измерений.

Значение относительного среднеквадратического отклонения не должно превышать 5 %.

10.4.3 Определение стабильности скорости движения конвейера с продукцией в зоне облучения

Операцию выполняют методом совокупных измерений скорости движения конвейера $V_к$ с помощью штатных контрольных приборов РТУ и ПД D на поверхности подложки из тканеэквивалентного материала (древесина, графит, полимер) толщиной не менее 2 см, полученной за один проход зоны облучения, с помощью МСО при неизменном токе пучка ускорителя.

МСО помещают на подложке в центре развертки на таком же расстоянии от выводного устройства пучка электронов, как и облучаемую пищевую продукцию при проведении процесса обработки пищевой продукции ионизирующим излучением. Поверхность подложки должна быть перпендикулярна оси пучка электронов. Условия облучения, т. е. ширину пучка, ток пучка и скорость конвейера, выбирают таким образом, чтобы значения ПД находились в рабочем диапазоне измерений МСО. Скорость конвейера и показания монитора тока пучка электронов (например, коллектора электронов) фиксируют на диаграммной ленте самописца или в памяти компьютера.

Измерения ПД проводят при нескольких ($n \geq 3$) значениях скорости конвейера в рабочем диапазоне скоростей РТУ. Для каждого значения скорости проводят не менее трех независимых измерений.

МСО располагают на пластине вдоль направления движения конвейера по середине развертки с шагом не более 2 см. Допускается также использовать протяженные детекторы, что даст более подробную и наглядную информацию о характере и величине возможных колебаний скорости транспортной системы.

Для полученных значений ПД $D_{кi}$ и скорости $V_{кi}$ рассчитывают значения коэффициента K_{Ki}

$$K_{кi} = D_{кi} \cdot V_{кi}. \quad (8)$$

Рассчитывают среднее значение $\overline{K}_{кi}$ и относительное среднеквадратическое отклонение S, которое не должно превышать 5 %.

10.4.4 Измерение средней и наиболее вероятной энергии электронного излучения

На РТУ, работающей в режиме тормозного излучения, убирают конвейер для того, чтобы проводить измерение энергии на пучке электронов, выведенном в атмосферу.

Определение средней $E_{ср}$ и наиболее вероятной $E_в$ энергии электронов в зоне облучения осуществляют по эмпирическим зависимостям энергии от пробегов электронов в алюминии или графите [3] и рассчитывают по следующим формулам:

$$E_в = 0,2 + 5,09R_0(Al) \text{ при } 1 \text{ МэВ} \le E_{ср} \le 50 \text{ МэВ}; \quad (9)$$

$$E_{ср} = 6/2R_{50}(Al) \text{ при } 1 \text{ МэВ} \le E_{ср} \le 12 \text{ МэВ}; \quad (10)$$

$$E_в = 0,22 + 2,97R_0(C) + 0,0056R_0^2(C) \text{ при } 5 \text{ МэВ} \le E_{ср} \le 25 \text{ МэВ}; \quad (11)$$

$$E_{ср} = 3,47R_{50}(C) \text{ при } 1 \text{ МэВ} \le E_{ср} \le 12 \text{ МэВ}, \quad (12)$$

где R_0 и R_{50} — пробеги электронов (см. в соответствующих материалах), определенные согласно рисунку 3.

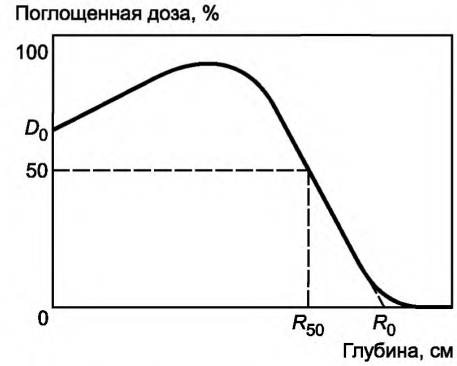

Рисунок 3 — Типичное распределение поглощенной дозы по глубине поглотителя

Пробеги R_0 и R_{50} определяют из распределения ПД по глубине поглотителя, для измерений которых используют:

- для энергии электронов не более 3 МэВ — комплект тонких пластин из алюминия или графита, собранных в пакет, толщиной несколько большей максимального пробега электронов данной энергии (размеры указаны на рисунке 4). Число пластин в пакете должно быть не менее 12;

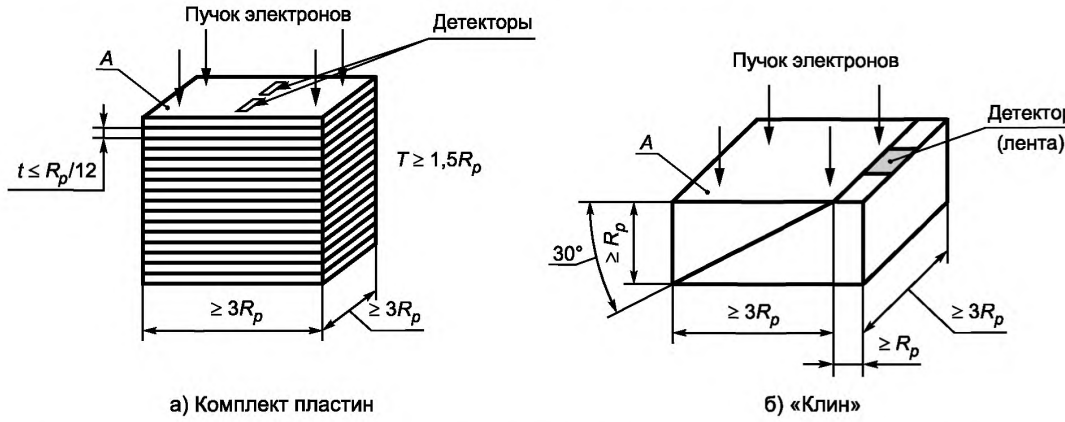

Рисунок 4 — Устройства для измерений энергии электронов, где R_p — практический пробег электронов, см

- для энергии электронов более 3 МэВ — «клин» — толстая пластина из алюминия или графита, разрезанная под углом (как правило, 30°), размеры которой указаны на рисунке 4.

Для изготовления пластин и «клина» используют материалы с минимальным количеством примесей, например графит особой чистоты марки МПГ-6, ППГ, ЗОПГ по [4] и алюминий марки А7 по ГОСТ 11069.

Между пластинами пакета [см. рисунок 4а)] помещают одиночные пленочные МСО, а в разрез «клина» [см. рисунок 4б)] — протяженный МСО в виде ленты на всю глубину пластины. Для уменьшения случайной погрешности измерений одновременно помещают рядом не менее двух-трех МСО.

Для облучения устройство помещают на конвейер в середине развертки пучка, при этом передняя поверхность устройства [плоскость *А* на рисунке 4а) и 4б)] должна быть перпендикулярна оси пучка электронов и находиться на таком же расстоянии от выводного окна ускорителя, как и передняя (по отношению к пучку) поверхность ящика с облучаемой пищевой продукцией.

Проводят облучение, пропуская устройство с МСО через зону облучения один раз.

Определяют ПД, полученную МСО, и строят график ее распределения по глубине поглотителя. При определении расстояния от входной поверхности до МСО учитывают толщину используемых МСО, добавляя к толщине пластин из графита (алюминия) эквивалентную толщину детекторов $d_{д,\,экв}$, рассчитываемую по формуле

$$d_{д,экв} = d_д \frac{\rho_д \cdot R_п}{\rho_п \cdot R_д}, \qquad (13)$$

где $d_д$ — толщина детектора, см;

$\rho_п$ и $\rho_д$ — плотность материала пластин и детектора, г/см^3;

$R_п$ и $R_д$ — пробеги электронов данной энергии в материале пластин и МСО соответственно (см. таблицу А.1 приложения А).

По графикам распределения ПД в алюминии (графите) определяют экстраполированный пробег электронов R_0 и слой половинного ослабления R_{50}, по формуле (9) вычисляют значения средней и наиболее вероятной энергии.

Если на РТУ облучение проводят при разных значениях энергии, то измерения проводят для трех-четырех значений энергии электронов (для каждого значения не менее трех раз) во всем рабочем диапазоне энергий ускорителя, сравнивая полученные результаты измерений E_{U_i} с показаниями средств контроля энергии электронов радиационно-технологической установки E_{K_j}. Для каждой пары значений E_{K_j} и E_{U_i} определяют соотношение между ними в виде

$$K_j = E_{K_j} / E_{U_i}. \qquad (14)$$

Рассчитывают среднее значение $\overline{K}$ и относительное среднеквадратическое отклонение *S*. Значение *S* не должно превышать 5 %.

10.4.5 Определение воспроизводимости работы монитора тока пучка электронов

Операцию выполняют методом совокупных измерений тока пучка с помощью штатного монитора РТУ$I_{мон}$, и ПД на поверхности подложки из тканеэквивалентного материала (дерева, графита, полимера) толщиной не менее 2 см, полученной за один проход зоны облучения, при постоянных значениях других параметров: частоты развертки, тока отклоняющего магнита развертки, энергии электронов и скорости конвейера. Ток пучка электронов ускорителя изменяют в пределах ±20 % от номинального значения (рабочего режима обработки пищевых продуктов).

МСО помещают в центре развертки на таком же расстоянии от выводного устройства пучка электронов, как и облучаемую пищевую продукцию при проведении процесса обработки ионизирующим излучением. Поверхность подложки должна быть перпендикулярна оси пучка электронов. Проводят облучение и измеряют ПД при нескольких значениях ($n \geq 3$) тока пучка $I_{мон_i}$ (не менее трех раз для каждого значения тока). Для каждой пары значений D_{K_j} и $I_{мон_i}$ рассчитывают значение коэффициента K_{I_j}:

$$K_{I_j} = D_{K_j} / I_{мон_i}. \qquad (15)$$

Рассчитывают среднее значение $\overline{K}_{I_j}$ и относительное среднеквадратическое отклонение *S*. Значение *S* не должно превышать 5 %.

10.4.6 Определение воспроизводимости средств контроля параметров радиационно-технологической установки

Определяют ПД на поверхности подложки из тканеэквивалентного материала (дерева, графита, полимера) толщиной не менее 2 см, полученную за один проход зоны облучения, в выбранной точке при различных сочетаниях значений тока пучка, скорости конвейера и ширины развернутого пучка при постоянной энергии электронов. Можно использовать результаты измерений по 10.4.2, 10.4.3 и 10.4.5, если при этом измерения ПД проводят в одинаковой геометрии и при одинаковых значениях энергии электронов.

Для каждой совокупности значений V_{Kj}, $I_{магн_i}$, D_i, $I_{мон_i}$ рассчитывают коэффициент K_0 по формуле

$$K_0 = V_{Kj} \cdot I_{магн_i} \cdot D_i / I_{мон_i} . \quad (16)$$

Рассчитывают среднее значение K_0, относительное среднеквадратическое отклонение S. Значение S не должно превышать 5 %.

При превышении полученных по 10.4.2—10.4.6 значений S предельных значений РТУ признают непригодной для эксплуатации, и ее персонал проводит проверку и регулировку работы РТУ и систем контроля указанных параметров и повторно представляет РТУ на аттестацию.

10.5 Проведение измерений поглощенной дозы в пищевой продукции

Измерение ПД проводят для каждого вида пищевой продукции:

- определение $D_{мин}$, $D_{макс}$, $D_{контр}$ и соотношение между ними для конкретных видов пищевой продукции;

- распределение ПД в облучаемом объекте зависит как от параметров установки (энергия электронов, способ облучения и т. д.), так и от вида пищевой продукции, способа ее укладки в ящике, ориентации ящика по отношению к пучку, поэтому аттестацию проводят для каждого вида продукции, для выбранного способа укладки продукции в объекте и способа облучения продукции при регламентированных и контролируемых условиях облучения;

- определение минимального и максимального значений ПД проводят не менее чем на трех (объектах) блоках с пищевой продукцией. Для измерений используют протяженные или одиночные пленочные МСО.

Детекторы укладывают внутри ящика на поверхностях групповых упаковок и внутри них равномерно по объему ящика, а также в контрольной точке. Например, МСО располагают для двухстороннего облучения не менее чем в трех плоскостях: $Z = 0$, $Z = L/4$, $Z = L/2$, где L — глубина объекта; и для одностороннего — в пяти плоскостях: $Z = 0$, $Z = L/4$, $Z = L/2$, $Z = L3/4$, $Z = L$, равномерно в каждой плоскости, по 20—30 шт. Если положение зон с минимальными и максимальными значениями ПД известно, то основное количество детекторов располагают в них. Контрольную точку выбирают по результатам предварительных исследований в определенном месте облучаемого объекта — на поверхности или внутри, на определенной глубине специального фантома (пластина из тканеэквивалентного материала) исходя из условия наименьшего влияния на ПД в контрольной точке гетерогенности и вариации укладки продукции в разных ящиках.

По результатам предварительных исследований РТУ устанавливают режим работы ускорителя и транспортного устройства, обеспечивающий облучение пищевой продукции в заданном диапазоне доз, и проводят облучение пищевой продукции. При этом осуществляют непрерывный контроль режимов работы установки (скорости конвейера, длительности импульсов, частоты посылок, тока пучка монитора — коллектора электронов, частоты развертки пучка электронов, ширины развертки пучка электронов).

Определяют ПД с помощью МСО.

Для каждого объекта определяют максимальное $D_{макс}$ и минимальное $D_{мин}$ значения ПД в пищевой продукции, а также значение ПД в контрольной точке $D_{контр}$. Рассчитывают средние арифметические значения $\overline{D}_{мин}$, $\overline{D}_{макс}$ и $\overline{D}_{контр}$ и оценки их среднеквадратических отклонений $S(D_{мин})$, $S(D_{макс})$, $S(D_{контр})$ по следующим формулам:

$$\overline{D} = \sum_n D_i \Big/ n; \quad (17)$$

$$S = \sqrt{\sum_n (D_i - \overline{D})^2 / (n-1)}, \quad (18)$$

где D_i — относительная погрешность измерения ПД в контрольной точке при приемочном дозиметрическом контроле процесса радиационной обработки пищевой продукции;

n — число измерений.

Доверительные границы случайной погрешности измерений δ рассчитывают по формуле

$$\delta = t \cdot S \cdot 100/\overline{D}, \quad (19)$$

где t — коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 0,95 и числа измерений n.

Если n = 3, то в качестве доверительной случайной погрешности можно принимать размах значений. Если в качестве контрольной точки выбирают специальный фантом, для определения $D_{контр}$ и $\delta_{сл}$ ($D_{контр}$) можно использовать результаты измерений по 10.4.3—10.4.5. Коэффициент пропорциональности между $D_{контр}$ и $D_{мин}$ и границы погрешности его определения рассчитывают по следующим формулам:

$$K_{мин} = D_{мин}/D_{контр}, \quad (20)$$

$$\delta_{K_{мин}} = \sqrt{\delta^2_{D_{мин}} + 2\delta^2_{мсо} + \delta^2_{D_{контр}}}. \quad (21)$$

где $\delta_{мсо}$ — относительная случайная погрешность МСО [СО ПД(Ф)Э-5/50], применяемого при аттестации.

Рассчитывают коэффициент пропорциональности $K_{макс}$ между $D_{контр}$ и $D_{макс}$ и границы погрешности его определения по следующим формулам:

$$K_{макс} = D_{макс}/D_{контр}; \quad (22)$$

$$\delta_{K_{макс}} = \sqrt{\delta^2_{D_{макс}} + 2\delta^2_{мсо} + \delta^2_{D_{контр}}}. \quad (23)$$

Коэффициент неравномерности распределения ПД по объему ящика с продукцией $R_н$ и границы погрешности его определения рассчитывают по следующим формулам:

$$R_н = D_{макс}/D_{мин}. \quad (24)$$

$$\delta_{R_н} = \sqrt{\delta^2_{D_{макс}} + 2\delta^2_{мсо} + \delta^2_{D_{мин}}}. \quad (25)$$

10.6 Определение регламентированных условий проведения процесса радиационной обработки конкретных видов пищевой продукции

Объем измерений ПД в пищевой продукции при ее радиационной обработке должен обеспечивать выполнение требований НД на процесс. Режим работы РТУ устанавливают таким образом, чтобы ни одна часть пищевой продукции, включая упаковку, не получила дозу менее минимальной допустимой дозы $D_{мин}$ и более максимальной допустимой дозы $D_{макс}$ для данного вида пищевой продукции. Значения $D_{мин}$ и $D_{макс}$ должны быть указаны в инструкции по радиационной обработке пищевой продукции, разработанной на основе требований СанПиН или другого документа на продукцию.

В процессе облучения пищевой продукции текущий дозиметрический контроль осуществляют с помощью стандартных образцов с погрешностью не более 12 %, помещаемых в контрольную точку. Для нахождения значений $D_{мин}$ и $D_{макс}$ используют значения найденных коэффициентов $K_{мин}$ и $K_{макс}$.

Определяют нижнюю границу диапазона значений поглощенных доз $D_н$ в условиях работы РТУ при проведении аттестации и сравнивают ее значение с $D_{мин}$ для данного вида продукции по формуле

$$D_{н} = D_{мин}\,(1 - \delta^{контр}_{D_{мин}}/100), \tag{26}$$

где $\delta^{контр}_{D_{мин}}$ — относительная погрешность определения минимальной ПД в объекте с учетом погрешности МСО, используемого при приемочном дозиметрическом контроле процесса обработки пищевой продукции, рассчитываемая по формуле

$$\delta^{контр}_{D_{мин}} = \sqrt{\delta^2_{K_{мин}} + 4(100 \cdot S_{D_{контр}} / \overline{D}_{контр})^2 + \delta^2_{мсо,р}}, \tag{27}$$

где $\delta_{МСО,\,р}$ — относительная погрешность МСО, используемого при приемочном дозиметрическом контроле процесса радиационной обработки пищевой продукции для измерения ПД в контрольной точке, %.

Определяют верхнюю границу диапазона значений ПД $D_{в.г}$ в условиях работы РТУ при обработке пищевой продукции и сравнивают ее значение с $D_{макс}$ для данного вида продукции по формуле

$$D_{в.г} = D_{макс} \cdot \left(1 + \frac{\delta^{контр}_{D_{макс}}}{100}\right), \tag{28}$$

где $\delta^{контр}_{D_{макс}}$ — относительная погрешность определения максимальной ПД в объекте с учетом погрешности МСО, используемого при приемочном дозиметрическом контроле процесса обработки пищевой продукции, %, рассчитываемая по формуле

$$\delta^{контр}_{D_{макс}} = \sqrt{\delta^2_{K_{макс}} + 4(100 \cdot S_{D_{контр}} / \overline{D}_{контр})^2 + \delta^2_{мсо,р}}. \tag{29}$$

Для осуществления процесса обработки пищевой продукции устанавливают режим работы РТУ, при котором соблюдают следующие условия:

$$D_{н} \geq D^{д.н.г}_{мин}, \tag{30}$$

$$D_{в} \leq D^{д.в.г}_{макс}. \tag{31}$$

В качестве рабочего режима радиационной обработки пищевой продукции, регламентируемого в свидетельстве, устанавливают нижнюю $V^{д.н.г}_{мин}$ и верхнюю $V^{д.в.г}_{макс}$ допустимые границы интервала значений скорости конвейера, получаемые из выражений (29) и (30):

$$V^{д.в.г}_{макс} = \frac{V_а \overline{D}^{а}_{контр} K_{мин}\left(1 - \frac{\delta_{D_{мин}}}{100}\right)}{D^{доп}_{мин}} / D^{д.н.г}_{мин}; \tag{32}$$

$$V^{доп}_{мин} = \frac{V_а \overline{D}^{а}_{контр} K_{макс}\left(1 - \frac{\delta_{D_{макс}}}{100}\right)}{D^{д.в.г}_{макс}} / D^{д.в.г}_{макс}, \tag{33}$$

где индексы «а» и «контр» означают режимы работы РТУ при проведении аттестации и радиационной обработки пищевой продукции соответственно.

Для конкретного режима работы РТУ определяют диапазон допустимых значений ПД в контрольной точке, который указывают в свидетельстве, при соблюдении следующих условий:

$$D_{контр,мин} \geq \overline{D}_{контр}(1 - \delta_{ДКР}/100), \tag{34}$$

$$D_{\text{контр,макс}} \le \overline{D}_{\text{контр}}(1 + \delta_{\text{ДКР}}/100), \quad (35)$$

$$\delta_{\text{ДКР}} = \sqrt{\delta^2_{D_{\text{макс}}} + \delta^2_{D_{\text{мсо,р}}}}, \quad (36)$$

где $\delta_{\text{ДКР}}$ — относительная погрешность измерения ПД в контрольной точке при приемочном дозиметрическом контроле процесса радиационной обработки пищевой продукции.

Нахождение показаний МСО в указанном диапазоне является критерием нормальной работы РТУ.

11 Оформление результатов аттестации

11.1 По результатам аттестации оформляют протокол, в котором указывают:

- наименование, тип и принадлежность РТУ;
- наименование пищевой продукции;
- предприятие — изготовитель пищевой продукции;
- наименование документа, в котором указаны нормы процесса радиационной обработки пищевой продукции;
- наименование и типы МСО, используемые для аттестации;
- описание продукции, схемы укладки и облучения пищевой продукции;
- схемы расположения МСО в блоке облучаемой пищевой продукции;
- данные обработки результатов измерений;
- ширину развернутого пучка и стабильность работы системы контроля ширины развернутого пучка;
- нижнюю границу значений регулирующего параметра, при которых облучаемую продукцию надежно перекрывает пучок;
- стабильность скорости движения конвейера с продукцией в зоне облучения;
- среднюю и наиболее вероятную энергию электронного излучения;
- воспроизводимость работы монитора тока пучка электронов;
- воспроизводимость средств контроля параметров РТУ;
- схемы расположения детекторов в блоке облучаемой продукции;
- режимы работы РТУ;
- данные обработки результатов измерений;
- дату проведения измерений;
- пригодность радиационно-технологической установки для радиационной обработки пищевой продукции;
- заключение по результатам аттестации.

11.2 При положительных результатах аттестации по 10.4.2—10.4.6 организация, проводившая аттестацию, выдает свидетельство оператору облучения, форма которого приведена в приложении В. Заверенную копию свидетельства передают предприятию — изготовителю пищевой продукции.

При положительных результатах аттестации по 10.5 и 10.6 организация, проводившая аттестацию, выдает свидетельство (при наличии у оператора облучения свидетельства, форма которого приведена в приложении В), производителю пищевой продукции.

Заверенную копию свидетельства передают оператору облучения.

11.3 Срок действия свидетельства — 1 год.

11.4 Копию свидетельства и протокол хранят в организации, проводившей аттестацию РТУ. Для текущей работы в организацию, проводящую радиационную обработку пищевой продукции, представляют заверенные копии свидетельства и протокола.

11.5 При отрицательных результатах аттестации выдают протокол измерений и рекомендации по изменению условий облучения (способа укладки пищевой продукции, схемы облучения, использования средств контроля параметров процесса и др.).

Приложение А
(обязательное)

Пробеги электронов в приближении непрерывного замедления в разных материалах

Значения пробегов в приближении непрерывного замедления приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 — Пробеги электронов в приближении непрерывного замедления R_0(E) в разных материалах

Материал	Плотность ρ, г/см^3	Пробег $R_0(E)$, г/см^2, для энергий E, МэВ					
		2	3	4	6	8	10
Графит	1,70	1,12	1,73	2,32	3,48	4,59	5,66
Алюминий	2,70	1,22	1,87	2,49	3,68	4,80	5,86
Вода	1,00	0,98	1,51	2,04	3,05	4,03	4,98
ПММА	1,19	1,01	1,57	2,11	3,16	4,18	5,16
Полистирол	1,06	1,01	1,56	2,10	3,16	4,17	5,16
Полиэтилен	0,94	0,94	1,46	1,96	2,95	3,91	4,83
Поликарбонат	1,20	1,04	1,60	2,16	3,24	4,27	5,28

Приложение Б
(справочное)

Б.1 Форма свидетельства об аттестации радиационно-технологической установки

Форма лицевой стороны свидетельства

_____
наименование и реквизиты организации, проводившей аттестацию радиационно-технологической установки

СВИДЕТЕЛЬСТВО
об аттестации радиационно-технологической установки
№ _____

Действительно до « ____ » _____ 20 ____ г.

Радиационно-технологическая установка _____ с ускорителем электронов
наименование
_____, принадлежащая _____, по результатам
тип ускорителя название оператора облучения
исследований (протокол от « ____ » _____ 20 ____ г. № _____) признана пригодной для проведения процесса радиационной обработки пищевой продукции.

Аттестация радиационно-технологической установки проведена по поглощенной дозе в продукции по РМГ 146 в соответствии с ГОСТ 8.664 и ГОСТ ISO 14470 с помощью МСО _____,
тип межгосударственного стандартного образца
поглощенной дозы фотонного и электронного ионизирующего излучения, аттестованного в единицах поглощенной дозы в воде с погрешностью аттестации _____ % (P = 0,95).

« ____ » _____ 20 ____ г.

МП

Руководитель организации (предприятия),
проводившей(го) аттестацию _____ _____
подпись фамилия, инициалы

Ответственный исполнитель _____ _____
подпись фамилия, инициалы

Б.2 Форма оборотной стороны свидетельства

Б.2.1 Рабочий режим работы РТУ приведен в таблице Б.1.

Таблица Б.1

Режимы работы радиационно-технологической установки	Значение параметра
Диапазон длительности импульса $t_и$, мкс	
Диапазон частоты следования импульсов $F_и$, Гц	
Диапазон импульсного тока пучка электронов $I_п$, мА	
Диапазон среднего тока пучка электронов (показание монитора) $\overline{I}_п$, мА	
Ток отклоняющего магнита развертки $I_м$, А	
Диапазон скоростей конвейера в зоне облучения $V_к$, см/с	
Энергия электронов (показание монитора) E_e, МэВ	

Б.3 Определение ширины развернутого пучка и стабильности

Б.3.1 Метрологические характеристики радиационно-технологической установки приведены в таблице Б.2.

Таблица Б.2

Характеристика радиационно-технологической установки	Значение параметра
Среднеквадратическое отклонение воспроизведения поглощенной дозы в диапазонах значений: длительности импульса, частоты следования импульсов, импульсного тока пучка электронов, среднего тока пучка электронов, скоростей конвейера в зоне облучения, %, не более	
Наиболее вероятная энергия электронов $E_в$, МэВ	
Средняя энергия электронов $E_{ср}$, МэВ	
Ширина развернутого пучка при токе отклоняющего магнита развертки _____ *А*, на высоте _____ мм от конвейерной площадки при K = $D_{макс}/D_{мин} \leq 1{,}1$, мм, не менее	

Б.4 Обязательные условия

Протокол от « ____ » _____ 20 ____ г. № _____ является неотъемлемой частью настоящего свидетельства.

Свидетельство распространяется только на указанные режимы работы установки и теряет силу при их изменении.

Аттестацию выполнил _____ _____

подпись фамилия, инициалы

Приложение В
(справочное)

Форма свидетельства об аттестации радиационно-технологической установки по поглощенной дозе в продукции

В.1 Форма лицевой стороны свидетельства

_____
наименование и реквизиты организации, проводившей аттестацию радиационно-технологической установки

СВИДЕТЕЛЬСТВО
об аттестации радиационно-технологической установки по поглощенной дозе в продукции
№ _____

Действительно до « ____ » _____ 20 ____ г.

Радиационно-технологическая установка _____ с ускорителем электронов
наименование
_____, принадлежащая _____, по результатам
тип ускорителя наименование оператора облучения
исследований (протокол от « ____ » _____ 20 ____ г. № _____) признана пригодной для радиационной обработки пищевой продукции при соблюдении регламентированных условий радиационной обработки пищевых продуктов: _____
наименование пищевых продуктов в соответствии с ТУ и номер ТУ
производства _____.
наименование предприятия, ИНН

Аттестация радиационно-технологической установки проведена по поглощенной дозе в продукции по РМГ 146 в соответствии с ГОСТ 8.664 и ГОСТ ISO 14470 с помощью стандартного образца поглощенной дозы фотонного и электронного ионизирующего излучения _____,
тип межгосударственного стандартного образца
аттестованного в единицах поглощенной дозы в воде с погрешностью аттестации _____ % (P = 0,95).

Дата « ____ » _____ 20 ____ г.

МП

Руководитель организации (предприятия),
проводившей(го) аттестацию _____ _____
подпись фамилия, инициалы

Ответственный исполнитель _____ _____
подпись фамилия, инициалы

В.2 Форма оборотной стороны свидетельства

В.2.1 Нормативные требования:

- нормативный документ _____
- значение минимальной поглощенной дозы $D_{мин}$ _____ кГр
- значение максимальной поглощенной дозы $D_{макс}$ _____ кГр

В.2.2 Регламентируемые условия облучения

Количество продукции в ящике, масса брутто и габариты ящика приведены в таблице В.1.

Таблица В.1

Пищевая продукция	Наименование, ГОСТ/ТУ
Количество упаковок в ящике, шт.	
Масса брутто ящика, кг	
Габариты ящика, мм	

- единица облучаемой продукции _____
- кладка и упаковка продукции _____
- схема облучения _____
- контрольная точка _____
- режим работы установки _____

В.2.3 Метрологические характеристики радиационной установки

Продукция	S ($D_{контр}$), %	$K_{мин} = D_{мин}/D_{контр}$	$K_{макс} = D_{макс}/D_{контр}$	$R_н = D_{мин}/D_{макс}$

Для проведения радиационной обработки пищевой продукции при $D_{мин}$ = _____ кГр, $D_{макс}$ = _____ кГр и при использовании рабочего средства измерений ПД с погрешностью не выше _____ % установлен интервал допускаемых значений скорости конвейера $V_к$

Пищевая продукция	Интервал допускаемых значений скорости конвейера при $D_{мин} \geq D \geq D_{макс}$, см/с	Доверительный интервал значений ПД в пищевой продукции при $V_к = [V_к]_{макс}$, D, кГр	Интервал допускаемых значений ПД в контрольной точке при $V_к = [V_к]_{макс}$, $D_{контр}$, кГр

В.2.4 Обязательные условия

Протокол от « ____ » _____ 20 ____ г. № _____ является неотъемлемой частью настоящего свидетельства. Свидетельство распространяется только на указанную пищевую продукцию и не может применяться при изменении схемы облучения продукции, изменении размеров упаковочных ящиков, способа укладки продукции в ящике, при отсутствии на радиационно-технологической установке средств контроля по ГОСТ 8. 664 и при несоблюдении требований ГОСТ ISO 14470.

Аттестацию выполнил _____ _____

подпись фамилия, инициалы

Библиография

[1]	Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011	О безопасности пищевой продукции
[2]	Решение Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299	Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов
[3]	ISO /ASTM 51649:2015	Practice for dosimetry in an electron beam facility for radiation processing at energies between 300 keV and 25 MeV (Установки для облучения электронным пучком, используемые для радиационной обработки в диапазоне энергии от 300 кэВ до 25 МэВ. Методы дозиметрии)
[4]	ТУ 48-20-90—82	Графит особой чистоты в заготовках и деталях

УДК 664.8.039.5:664.9:006.354 МКС 17.020

Ключевые слова: пищевые продукты, радиационная обработка, ионизирующее излучение, аттестация, стандартные образцы, поглощенная доза, ускоритель электронов

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 13.11.2019. Подписано в печать 18.12.2019. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,77.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,

117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru