МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СВОД ПРАВИЛ СП321.1325800.2017

ЗДАНИЯ ЖИЛЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ.
ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТИВОРАДОНОВОЙ ЗАЩИТЫ

Издание официальное

РОССТАНДАРТ
ФГУП
«СТАНДАРТИНФОРМ»
Федеральный информационный
фонд стандартов

Дата регистрации 07 февраля 2018 г.

Москва 2017

В НАБОР

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН – Федеральным государственным бюджетным учреждением «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 ПОДГОТОВЛЕН к утверждению Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстроя России)

4 УТВЕРЖДЕН приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 5 декабря 2017 г. № 1616/пр и введен в действие с 6 июня 2018 г.

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего свода правил соответствующее уведомление будет опубликовано в установленном порядке. Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте разработчика (Минстрой России) в сети Интернет

© Минстрой России, 2017

Настоящий нормативный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без разрешения Минстроя России

Содержание

1 Область применения……..

2 Нормативные ссылки…….

3 Термины и определения……..

4 Общие положения……

5 Признаки радоноопасности…….

6 Технические решения защиты…….

7 Критерий радонозащитной способности конструкции……

8 Расчет ожидаемой концентрации радона в помещении……

9 Требуемое сопротивление радонопроницанию конструкции…….

10 Исходные данные для расчета ……..

Приложение А Сопротивления радонопроницанию конструкций из бетона и бетона в сочетании с гидро-газоизолируюшим материалом

Приложение Б Коэффициент сдвига радиоактивного равновесия ДПР во внутреннем воздухе при различных кратностях воздухообмена

Приложение В Коэффициенты эманирования радона в грунтах

Приложение Г Коэффициенты диффузии радона в гидро-газоизоляционных материалах

Приложение Д Пример расчета

Библиография…….

Введение

В настоящем своде правил приведены требования, соответствующие целям Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», рекомендуемые к применению с учетом Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» (глава 10, статья 46).

Свод правил разработан авторским коллективом НИИСФ РААСН (руководитель работы – д-р техн. наук *Л.А. Гулабяни*; канд. техн. наук *И.И. Золотов*, *Е.Н. Романенко*, *С.В. Медведев*, *М.Н. Семенова*).

СВОД ПРАВИЛ

ЗДАНИЯ ЖИЛЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ. ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТИВОРАДОНОВОЙ ЗАЩИТЫ

RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS. REGULATIONS FOR DESIGNING OF PROTECTION AGAINST RADON

Дата введения 2018–06-06

1 Область применения

1.1 Настоящий свод правил устанавливает правила проектирования противорадоновой защиты новых жилых и общественных зданий и может быть ограниченно использован при разработке мероприятий по нормализации радоновой обстановки в существующих зданиях при проведении их реконструкции, реставрации или капитального ремонта.

1.2 Свод правил не распространяется на проектирование противорадоновой защиты зданий с двумя и более подземными этажами, а также зданий для строительства на участках, расположенных в геодинамически активных зонах и(или) зонах распространения скальных горных пород-коллекторов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 6617–76 Битумы нефтяные строительные. Технические условия

ГОСТ 22245–90 Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия

СП 22.13330.2016 «СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений»

Издание официальное

СП 47.13330.2016 «СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»

СП 246.1325800.2016 Положение об авторском надзоре за строительством зданий и сооружений

СанПин 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)

Примечание – При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего свода правил в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем своде правил применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **депрессия (разрежение):** Понижение давления в некотором объеме пространства.

3.2 **длина диффузии радона:** Расстояние, на котором активность радона, проходящего через слой материала вследствие диффузии, уменьшается в результате распада в e раз (e – основание натурального логарифма $\approx 2{,}72$), м.

3.3 **дочерние продукты радона;** ДПР: Семейство короткоживущих радионуклидов, образующихся в процессе распада радона.

3.4 **зона геодинамическая:** Зона распространения горных пород земной коры, в которых, вследствие активно текущих геодинамических процессов, происходит цикличное изменение поля давления, обуславливающее перемещение радона в породах на расстояние, превышающее длину молекулярного диффузионного переноса.

3.5 **коэффициент сдвига радиоактивного равновесия:** Отношение эквивалентной равновесной объемной активности радона к его объемной активности.

3.6 **коэффициент эманирования** (здесь): Отношение активности свободного радона к активности всего радона, образующегося в материале.

3.7 **мощность активного слоя грунта:** Минимальная толщина слоя грунта, при которой выделения радона на его верхней поверхности обусловлены, в основном, действием источников радона внутри слоя, м.

3.8 **обратная тяга:** Состояние, при котором, вследствие изменения знака перепада давления, направление движения газа в вытяжной трубе изменяется на противоположное.

3.9 **объемная активность радона:** Активность радона содержащегося в единице объема среды (воздуха, грунта), Бк/м^3.

3.10 **плотность потока радона** (здесь): Активность радона, проходящего через единицу площади в единицу времени, Бк/(м^2 с).

3.11 **площадь депрессии:** Площадь, на которой под плитой граничащего с грунтом пола создается пониженное давление.

3.12 **повторное поступление радона:** Вторичное проникновение в помещение радона, выведенного системой вентиляции наружу.

3.13 **порода-коллектор:** Горная порода в которой вследствие наличия распространенных трещин, каверн, карстовых пустот , повышенной эманирующей способности, действует сложный механизм газового переноса и радон перемещается на расстояние, значительно превышающее длину диффузионного переноса.

3.14 **почвенный газ:** Смесь газов, заполняющих поры и пустоты в грунте.

3.15 **признаки радоноопасности:** Комплекс физико-технических показателей проекта здания, геологической и воздушной сред на площади застройки, косвенно свидетельствующих о высокой вероятности повышенного содержания радона в здании после завершения его строительства.

3.16 **противорадоновая защита:** Техническое мероприятие, предпринимаемое для снижения содержания радона и его дочерних продуктов в воздухе помещений здания.

3.17 **радиоактивное равновесие:** Состояние статистического равновесия между активностью материнского нуклида (радона) и активностью каждого из его дочерних продуктов.

3.18 **радиационно-геологические изыскания:** Составная часть комплекса инженерных экологических изысканий, включающая в себя определение радиационных характеристик грунтов на участке застройки для получения исходных данных для проектирования мероприятий по обеспечению радоновой безопасности здания.

3.19 **радон** (здесь): Общее наименование газообразных радионуклидов уранового и ториевого рядов.

3.20 **радонобезопасность:** Состояние объекта (здания), при котором с установленной вероятностью исключается возможность нанесения ущерба здоровью человека вследствие воздействия (здесь) радона.

3.21 **радоновый потенциал грунта:** Значение равновесной активности свободного радона в единице объема грунта при нулевых значениях градиентов активности на границах объема.

3.22 **радоноопасность:** Заключенная в объекте (здании) возможность нанесения ущерба здоровью человека вследствие воздействия радона.

3.23 **система противорадоновой защиты:** Совокупность мероприятий по противорадоновой защите здания; система может включать в себя подсистемы: вентиляции, депрессии, дезактивации.

3.24 **специализированная исследовательская организация:** Организация, основное направление деятельности которой – создание и развитие научной основы и практических методов, направленных на решение определенной проблемы, располагающая научными кадрами, соответствующим оборудованием и программным обеспечением.

3.25 **уровень вмешательства:** Значение нормированного параметра, превышение которого не допускается.

3.26 **участок аномально радоноопасный:** Участок застройки на котором плотность потока радона из грунта значительно превосходит по значению поток, обусловленный диффузией радона в грунте.

3.27 **эквивалентная равновесная объемная активность радона:** Сумма объемных активностей неравновесной смеси дочерних продуктов радона в воздухе, создающая такую же эффективную дозу внутреннего облучения, что и смесь дочерних продуктов, находящихся в радиоактивном равновесии с радоном.

3.28 **эманирование** (здесь): Выделение радона в поровое пространство из твердой фазы материала, содержащего изотопы радия.

Примечание – Содержащийся в порах и способный к миграции радон называют «свободным», остающийся в твердой фазе – «связанным».

4 Общие положения

4.1 В нормальных климатических условиях основными источниками поступлений радона в здание являются: грунтовое основание (как правило, доминирующий источник), материалы ограждающих конструкций, наружный воздух (рисунок 1). В отдельных случаях возможны зна́чимые поступления радона из сжигаемого в здании топлива и воды, подаваемой из артезианских скважин.

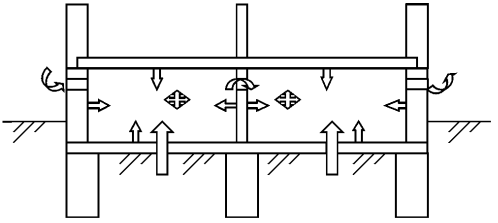


Рисунок 1 – Основные источники и стоки радона: грунтовое основание, материалы ограждающих конструкций, вентилирующий воздух, распад

4.2 Основной принцип противорадоновой защиты здания заключается в предотвращении (или минимизации) поступлений радона в помещения из основных источников в сочетании с минимальной вентиляцией помещений наружным воздухом. В помещениях с ненормируемыми параметрами вентиляции кратность воздухообмена по соображениям радонобезопасности должна составлять не менее 0,15 $ч^{-1}$.

4.3 Перенос радона от источника в помещение может происходить вследствие: диффузии, обусловленной разностью концентраций радона в источнике и в помещении; конвекции, обусловленной разностью плотностей смеси газов в источнике и в помещении.

4.4 Для подавления диффузионного переноса радона из грунта в здание применяются подземные ограждающие конструкции из тяжелого плотного монолитного бетона в сочетании (при необходимости) с рулонными, обмазочными, пропиточными и другими гидро-газоизоляционными материалами с низкими значениями коэффициента диффузии радона.

4.5 Конвективный перенос предотвращается применением трещиностойких узлов и конструкций, уплотнения (герметизации) стыков и швов между элементами конструкций. Для исключения конвективных поступлений радона в здание рекомендуется отсутствие щелей, направление которых совпадает с направлением потока радона из грунта в здание (рисунок 2) в узлах стыковки горизонтальных и вертикальных конструкций (например, бетонной плиты подвального пола с цокольной стеной).

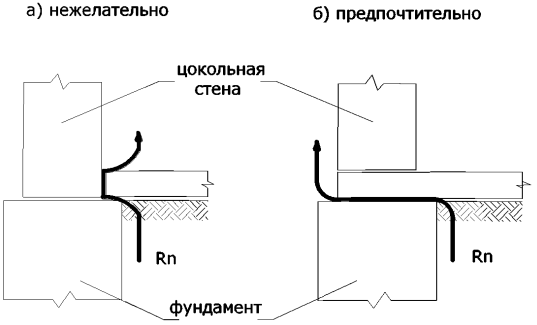


Рисунок 2 – Нерекомендуемое и рекомендуемое решения узла сопряжения плиты пола с фундаментом

4.6 При проектировании подземных ограждающих конструкций здания предпочтительны решения, при которых несущие (самонесущие) элементы конструкций и элементы гидроизоляции выполняют функцию противорадоновой защиты.

4.7 Мероприятия по противорадоновой защите не должны осуществляться в ущерб принятой концепции проекта и соблюдению приоритетных требований СП 22.13330. В целом противорадоновая защита здания представляет собой комплекс вспомогательных технических мероприятий, реализуемых при проектировании его ограждающих конструкций и инженерных систем. Их проектирование, осуществленное без учета радонового фактора, может привести к созданию неблагоприятной радоновой обстановки в здании.

4.8 Эффективность мероприятий по противорадоновой защите в решающей степени зависит от качества строительных работ. Применение некачественных материалов и нарушения технологии их применения могут минимизировать эффективность защиты. Все работы, связанные с осуществлением противорадоновой защиты, рекомендуется проводить в соответствии с СП 246.1325800 и оформлять соответствующими актами сдачи-приемки скрытых работ.

4.9 Оценку уровня радоновой безопасности здания следует производить при наличии признаков потенциальной радоноопасности, на стадии разработки проекта или рабочего проекта.

5 Признаки радоноопасности

5.1 Признаки радоноопасности – различного рода показатели, косвенно свидетельствующие о вероятности повышенной концентрации радона в здании, проектируемом для строительства на рассматриваемом участке застройки.

5.2 К признакам радоноопасности относятся:

- применение в проекте ограждающих конструкций подполья (подвала) не создающих или создающих очень слабое препятствие для поступлений радона из грунта в здание, например, грунтового пола подполья, сборных деревянных или железобетонных перекрытий;

- повышенный радоновый потенциал активного слоя грунта в основании здания;

- повышенная плотность потока радона из грунта на площади застройки;

- повышенная объемная активность радона в почвенном газе на площади застройки;

- повышенная объемная активность радона в эксплуатируемом здании, расположенном вблизи участка строительства нового здания;

- наличие в геологическом разрезе участка необводненных грунтов, представленных породами, для которых характерна повышенная концентрации или вариабельность концентрации радия-226;

- повышенный уровень гамма-фона на открытой территории застройки в случаях, когда это не связано с ее техногенным радиоактивным загрязнением.

5.3 К условиям радонобезопасности относятся:

- применение в проекте свайного фундамента в зонах сплошного распространения вечной мерзлоты;

- возведение здания на постоянно обводненных (водонасыщенных) грунтах.

5.4 Получение данных о наличии или отсутствии признаков радоноопасности [1] следует предусматривать при определении содержания и объема изысканий, проводимых в составе инженерно-экологических изысканий на площади планируемой застройки по СП 47.13330 .

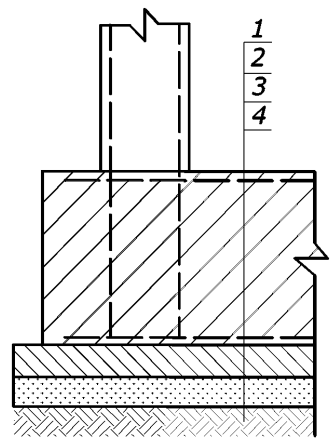
5.5 При наличии хотя бы одного из признаков радоноопасности следует оценить ожидаемый уровень концентрации радона в проектируемом здании и, в случае необходимости, выполнить расчеты требуемых параметров противорадоновой защиты. С этой целью в составе радиационно-геологических изысканий следует определять концентрацию радия-226 в инженерных геологических элементах основания здания на глубину до 6 м, считая от отметки заложения подошвы фундамента.

6 Типы и технические решения защиты

В качестве защиты от радоноопасности используются: барьер, мембрана, покрытие, пропитка, уплотнение швов, вентиляция, депрессия подпольного пространства, реконструкция грунтового основания.

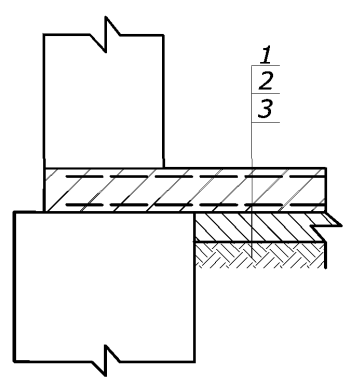
6.1 Барьер – несущая (самонесущая) плоская конструкция из малопроницаемого для радона материала.

6.1.1 Сплошная в пределах площади здания монолитная железобетонная фундаментная плита (рисунок 3) или плита пола подвала (рисунок 4) без трещин представляют наиболее эффективный тип барьера. Толщина фундаментной плиты определяется ее требуемой несущей способностью и составляет от 0,2 до 2,0 м и более.



1– монолитный железобетон; *2* – подготовка из тощего бетона; *3* – песчаная подсыпка; *4* – уплотненный грунт.

Рисунок 3 – Барьер в виде сплошной монолитной фундаментной плиты

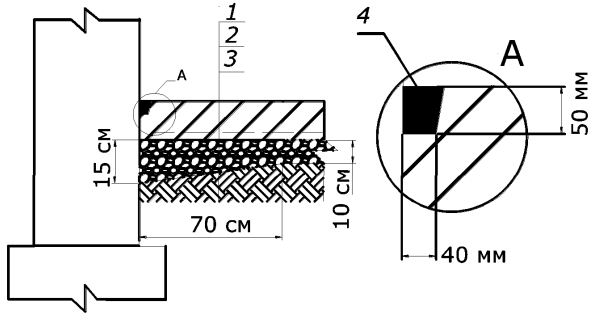


1 – монолитный железобетон; *2* – подготовка из тощего бетона; *3* – уплотненный грунт

Рисунок 4 – Барьер в виде сплошной монолитной плиты пола

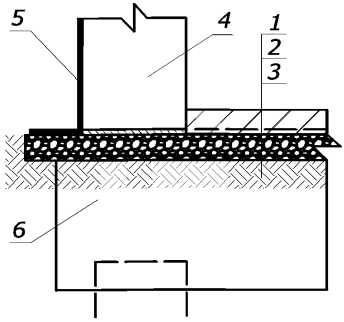
6.1.2 Фундаментные плиты изготавливают из тяжелого плотного бетона класса не ниже В20, марки не ниже W4. С увеличением толщины плиты ее сопротивление переносу радону из грунта в здание возрастает. Фундаментная плита толщиной более 400 мм обладает достаточной для большинства случаев, возрастающей при повышении плотности бетона, радонозащитной способностью. Железобетонные барьеры толщиной менее 400 мм, с учетом возможности образования в них сквозных микротрещин, рекомендуется применять в сочетании со слоем гидрогазоизоляционного материала.

6.1.3 Монолитные бетонные плиты пола подвала (технического подполья), опирающиеся на грунтовую подсыпку (плавающая плита) или по периметру на ленточный фундамент (ростверк), представляют фрагментированный барьер, у которого каждая из плит располагается в пространстве, ограниченном внутренними контурами фундаментных или цокольных стен. Толщина плит фрагментированного барьера может составлять от 50 до 200 мм. При использовании фрагментированных барьеров необходима защита от конвективного переноса радона из грунта в здание через щели в узлах стыковки плит пола с фундаментом и (или) цокольными стенами (рисунки 5, 6).



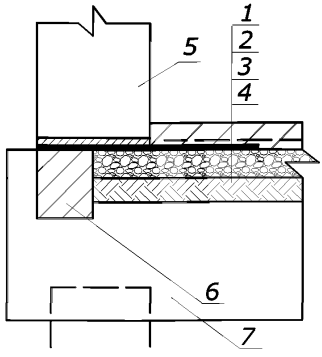
1 – монолитный, армированный дорожной сеткой, бетон; *2* – слой щебня, пролитый расплавленным битумом до полного насыщения; *3* – уплотненный грунт; *4* – заполненная расплавленным битумом штроба глубиной 50 мм, шириной 50–40 мм

Рисунок 5 – Фрагментированный барьер в виде плавающей плиты пола



1 – монолитный, армированный дорожной сеткой, бетон; *2* – слой щебня, пролитый расплавленным битумом до полного насыщения; *3* – уплотненный грунт; *4* – цокольная панель, опирающаяся углами на ростверк; *5* – гидро-газоизоляция из обмазочного или рулонного материала; *6* – поперечная балка ростверка

Рисунок 6 – Фрагментированный барьер в виде плиты пола опирающейся на балки незамкнутого по периметру здания ростверка



1 – монолитный, армированный дорожной сеткой, бетон; *2* – полоса рулонного гидро-газоизоляционного материала; *3* – слой щебня, пролитый расплавленным битумом до полного насыщения; *4* – уплотненный грунт; *5* – наружная цокольная панель; 6 – дополнительная продольная балка ростверка; *7* – поперечная балка ростверка

Рисунок 7 – Фрагментированный барьер в виде плиты пола частично опирающейся на балки замкнутого по периметру здания ростверка

6.1.4 При устройстве бетонных барьеров особое внимание следует уделять обеспечению их трещиностойкости и минимизации пористости бетона. Вероятность образования микротрещин возрастает с уменьшением толщины барьера. Образование в нем сквозных усадочных и осадочных трещин не допускается.

6.2 Мембрана – сплошной, в пределах площади здания, слой малопроницаемого для радона рулонного или листового материала.

6.2.1 Мембрана располагается выше или ниже несущего элемента ограждающей конструкции, повышает ее общее сопротивление радонопроницанию и препятствует проникновению грунтового радона в здание через поры, трещины и стыки в элементах конструкции. Гидроизолирующие слои конструкции – одновременно выполняют функцию радонозащитной мембраны (рисунки 8–12).

6.2.2 Для устройства мембран применяют:

- наплавляемые или приклеиваемые армированные рулонные гидроизоляционные материалы на модифицированной битумной или битумно-полимерной основе;

- пленочные и тонколистовые материалы на полимерной основе;

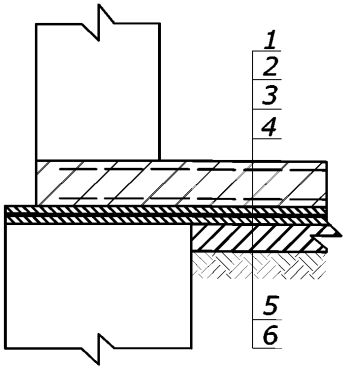
- профилированные геомембраны на полимерной основе.

6.2.3 При устройстве радонозащитной мембраны необходимо:

- обеспечивать ее сплошность в пределах площади здания;

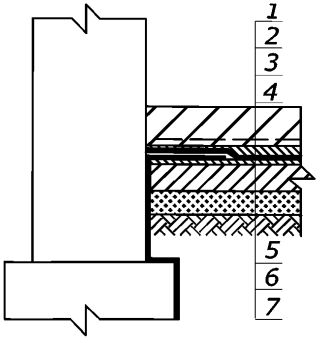
- исключать возможность ее механического повреждения в процессе строительства;

- учитывать возможность ее упругопластической деформации без разрушения при подвижках несущей конструкции и смещении элементов конструкции относительно друг друга в процессе эксплуатации здания.



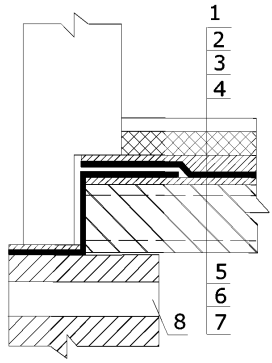
1 – монолитный железобетон; *2* – защитный слой из цементно-песчаного раствора; *3* – рулонный гидро-газоизоляционный материал; *4* – выравнивающая стяжка; *5* – подготовка из тощего бетона; *6* – уплотненный грунт.

Рисунок 8 – Сочетание сплошного барьера с мембраной



1 – монолитный, армированный дорожной сеткой, бетон; *2* – защитный слой; *3* – рулонный гидро-газоизоляционный материал; *4* – выравнивающая стяжка; *5* – подготовка из тощего бетона; *6* – песчаная подсыпка; *7* – уплотненный грунт

Рисунок 9 – Сочетание плавающего фрагментированного барьера с мембраной



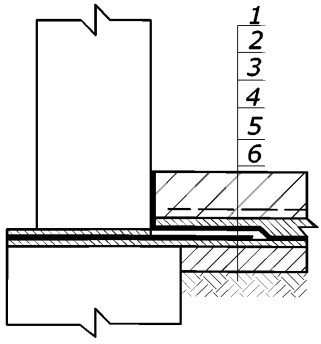
1- чистый пол; 2- теплоизоляция; 3- защитный слой; 4- рулонный гидрогазоизоляционный материал; 5- выравнивающая стяжка; 6-плита перекрытия; 7 -подполье; 8- вентиляционный продух в цоколе.

Рисунок 10 – Сочетание сборного железобетонного перекрытия подполья с мембраной

6.2.4 Не допускается образование воздушных полостей между материалом и конструкцией при покрытии несущей конструкции наплавляемым или приклеиваемым рулонным материалом. Во избежание разрывов и проколов мембрана должна наноситься на выровненную поверхность и покрываться защитным слоем. Толщина выравнивающего и защитного слоев (стяжки) должна быть не менее 20 мм и выполняться из цементно-песчаного раствора класса не ниже В12,5. Кромки полос материала мембраны должны перекрываться внахлест не менее чем на 15 см.

6.2.5 Устройство мембраны производится в один или два-три этапа. На первом этапе (при завершении нулевого цикла работ) производится выравнивание поверхности фундамента и бетонной подготовки и затем укрепление полос изоляционного материала по осям стен и перегородок (рисунки 11, 12). Ширина полос должна быть не менее чем на 35–40 см больше толщины наружных и не менее чем на 70 см больше толщины внутренних стен и перегородок. При возведении стен выступающие из-под них части полос изоляционного материала необходимо защитить от загрязнения и повреждения. На втором этапе (после возведения стен) мембрана уста-

навливается на оставшейся незащищенной площади между стенами непосредственно перед бетонированием плиты пола.



1 – монолитный, армированный дорожной сеткой, бетон; *2* – защитный слой; *3* – рулонный гидроизоляционный материал; *4* – выравнивающая стяжка; *5* – подготовка из тощего бетона; *6* – уплотненный грунт

Рисунок 11 – Сочетание опирающегося на фундамент фрагментированного барьера с устраиваемой в два этапа мембраной

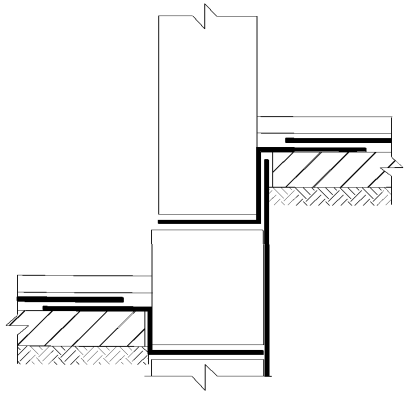
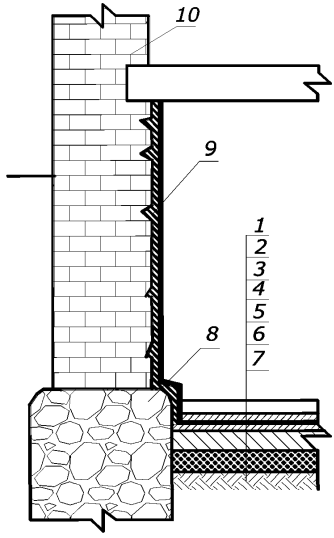


Рисунок 12 – Схема поэтапно устраиваемой мембраны при перепаде отметок пола

6.3 Покрытие – тонкий, малопроницаемый для радона, сплошной слой состава, который наносится в жидком состоянии на твердую основу.

6.3.1 Для устройства радонозащитных бесшовных покрытий применяют жидкие, отверждающиеся на воздухе, гидроизоляционные и антикоррозионные материалы на основе полимерных, и битумно-полимерных композиций. Покрытия выполняют те же функции, что и мембраны, и отличаются от них составом изолирующего материала и способом его нанесения на несущую конструкцию.

6.3.2 Покрытия рекомендуется применять в случаях реконструкции или реставрации старых зданий, когда поверхность защищаемой конструкции сложной формы и в сохраняемых конструкциях есть многочисленные швы и стыки (рисунок 13).



1 – чистый пол; *2* – защитная стяжка; *3* – покрытие; *4* – выравнивающий слой; *5* – бетон; *6* – песчаная подсыпка; *7* – грунт; *8* – фундамент (бутовая кладка); *9* – выравнивающий слой штукатурки; *10* – кирпичная кладка

Рисунок 13 – Покрытие, наносимое на внутренние поверхности ограждающих конструкций

6.3.3 Рекомендуется применять покрытия с коротким временем реакции отверждения, высокими прочностью и относительным удлинением, высокой износостойкостью и способностью противостоять воздействию агрессивных веществ. Покрытия наносятся на внешнюю или внутреннюю поверхность ограждающей конструкции, а также между ее элементами.

6.4 Пропитка – жидкий состав, внедряемый в поры и пустоты материала несущего слоя. Материал пропитки представляет собой суспензию или эмульсию, составленную на цементной, битумной, латексной или полимерной основе, способную внедряться глубоко в поры и микротрещины обрабатываемого материала. Некоторые пропитки образуют на поверхности материала сплошную пленку.

6.4.1 Пропитку проникающим составом применяют для уменьшения радонопроницаемости материала основной конструкции. Например, бетона, оштукатуренной кладки из кирпича и т.п. Нанесение пропиточного состава обычно производится механическим распылением.

6.4.2 Пропитки рекомендуется применять также для снижения радонопроницаемости утрамбованного пласта мелкодисперсного материала (глины, песка), устраиваемого в неэксплуатируемых подпольях зданий с небольшим заглублением подземной части. Радонозащитный эффект пропитки может быть повышен за счет послойного формирования пласта с последовательной обработкой каждого слоя.

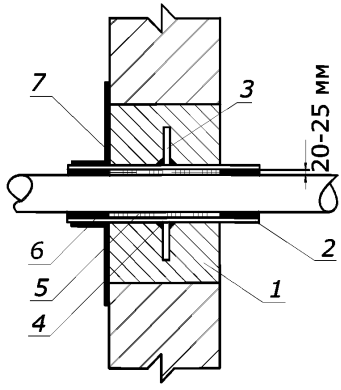
6.5 Уплотнение швов – герметизация щелей и стыков в конструкции с применением упругих или пластичных нетвердеющих материалов (герметиков).

6.5.1 Защитный эффект практически непроницаемых для радона подземных ограждающих конструкций может быть минимизирован при наличии неуплотненных (незагерметизированных) щелей в стыках конструкций или в узлах прохода инженерных коммуникаций через конструкции. Уплотнение должно выполняться с учетом возможного раскрытия щели в стыке в процессе эксплуатации здания вследствие вибрации, осадки здания и т.п. Уплотняющий материал должен компенсировать эти изменения без потери защитных свойств.

6.5.2 Подземные каналы для прокладки сетей тепло-водоснабжения могут быть своего рода коллекторами радона, поэтому проемы для прохода труб из кана-

лов в здание должны быть надежно уплотнены (рисунок 14). Следует стремиться к тому, чтобы число проемов в подземных ограждающих конструкциях было минимальным.

6.5.3 При уплотнении узлов пересечения конструкций трубами следует учитывать неизбежность их подвижки вследствие температурных деформаций. Узлы пересечения должны быть доступными для контроля и ремонта в процессе эксплуатации.



1 – заполнение проема бетоном; *2* – стальная гильза; *3* – шайба; *4* – сварной шов; *5* – центровка трубы в гильзе с помощью набивки из просмоленной пакли; *6* – заполнение нетвердеющим герметиком на глубину 50 мм; *7* – гидроизоляция

Рисунок 14 – Уплотнение узла прохода труб тепло-водоснабжения в здание

6.6 Вентиляция – замещение в заданном пространстве воздуха с высоким содержанием радона наружным воздухом.

6.6.1 Приточно-вытяжная вентиляция помещений позволяет существенно снизить активность радона во внутреннем воздухе.

6.6.2 С позиции противорадоновой защиты важно, чтобы система вентиляции не создавала в помещении более низкого давления, чем в подполье. Оптимальной является хорошо сбалансированная вентиляция, обеспечивающая выполнение требований санитарных норм при минимальном понижении давления в помещении.

6.6.3 В безподвальных зданиях с неэксплуатируемым круглогодично вентилируемым подпольем активность радона в помещениях практически не превышает его активности в наружном воздухе. Требуемый для этого воздухообмен в подполье обеспечивается при его сквозном проветривании, расположении нижней отметки перекрытия подполья на высоте не менее 1 м от уровня земли, суммарной площади вентиляционных проемов в цоколе, устраиваемых со всех сторон здания, составляющей не менее 2 % площади здания.

6.7 Депрессия подпольного пространства – создание зоны пониженного давления (депрессии) на пути движения радона из грунта в здание.

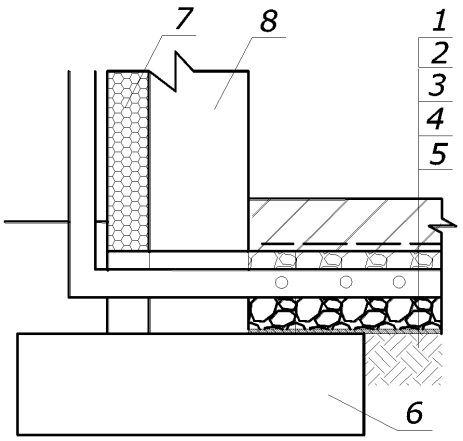
6.7.1 Радоновая нагрузка на граничащую с грунтом горизонтальную конструкцию существенно снижается при создании под ней зоны депрессии и пассивного (рисунок 15) или активного (рисунок 16) отвода радона из этой зоны в атмосферу.

6.7.2 Метод депрессии рекомендуется применять при строительстве малоэтажных зданий и высоком радоновом потенциале грунта.

6.7.3 Для создания зоны депрессии под барьером размещают слой инертного газопроницаемого материала. Например, слой промытого гравия (или щебня) толщиной не менее 15 см с зернами размерами 8-12 см. Доля сообщающихся пустот в слое должна составлять не менее 40%.

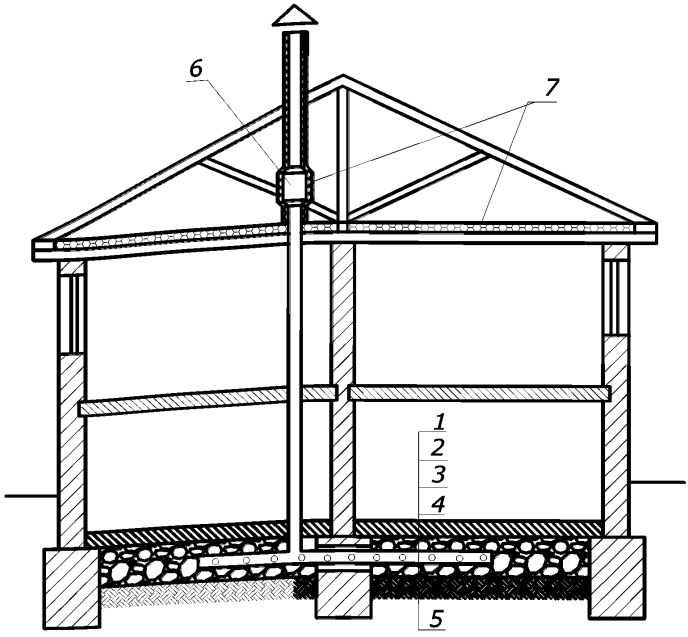
6.7.4 Во избежание заиливания гравийного слоя при движении грунтовых вод в процессе эксплуатации под ним размещают слой фильтрующего материала. Например, 10 - сантиметровый слой крупнозернистого песка или геомембрану.

6.7.5 Если бетонирование плиты пола производится по гравийному слою, для исключения затекания в него бетонной смеси, поверх гравия размещают сплошной слой полиэтиленовой пленки толщиной не менее 0,2 мм.



1 – бетонная плита; *2* – щебень; *3* – вытяжная труба; *4* – фильтрующий слой; *5* – уплотненный грунт; *6* – фундамент; *7* – стеновая панель; *8* – колонна

Рисунок 15 – Пассивная система создания депрессии в подпольном пространстве



1 – бетонная плита; *2* – щебень; *3* – перфорированная труба; *4* – фильтрующий слой; *5* – уплотненный грунт; *6* – вытяжной вентилятор; *7* – теплоизоляция

Рисунок 16 – Активная система создания депрессии в подпольном пространстве

6.7.6 Отвод радона из гравийного слоя в окружающее пространство осуществляется по подземным и надземным пластмассовым трубам диаметром не менее 10 см. Подземные трубы устанавливаются в гравийном слое и предназначены для сбора почвенного газа, надземные (стояки и горизонтальные прогоны) служат для отвода газа из подземных труб в атмосферу. Свободные концы труб в подземной части должны быть заглушены, а трубы перфорированы. Для того, чтобы внутренние фундаменты не препятствовали перемещению радона в гравийном слое в них должны быть предусмотрены проемы.

6.7.7 В зависимости от площади здания подземные трубы располагают по осям защищаемых площадей или на расстоянии 0,5–0,7 м параллельно лентам фундамента.

Отвод газа и понижение давления в гравийном слое обеспечиваются за счет естественной тяги или принудительной вытяжной вентиляции. Стояки могут быть расположены вне или внутри дома. Внутреннее расположение стояков предпочтительнее, так как при этом обеспечивается более высокая естественная тяга. При естественной вытяжке одной подземной трубы достаточно для обслуживания 40 – 50 м ^{2} защищаемой площади. При использовании принудительной вытяжки эффективная работа системы обеспечивается при установке одной подземной трубы на 100 – 120 м ^{2} защищаемой площади.

6.7.8 Все стыки и соединения надземных труб должны быть надежно уплотнены и доступны для осмотра и обслуживания. При внутренней разводке труб целесообразно размещать их в подсобных помещениях или в углублениях внутренних стен.

6.7.9 Почвенный газ содержит водяной пар, который в холодный период года может конденсироваться в трубах. Для уменьшения количества образующегося конденсата и предотвращения образования наледи наружные трубы и трубы, проходящие через неотапливаемые помещения необходимо теплоизолировать.

6.7.10 Разводкой надземных труб должен быть обеспечен беспрепятственный сток конденсата в грунт и исключена возможность создания водяных пробок в понижениях и изгибах. Для фиксации труб применяются крепежные элементы, устанавливаемые на ограждающих конструкциях дома не реже, чем через 1,8 м для горизонтальных прогонов и 2,4 м для стояков.

6.7.11 Для предотвращения повторного поступления отводимого радона в здание рекомендуется:

- выпуск стояка располагать как можно ближе к коньку крыши;

- конец стояка (точка выброса газа) располагать не менее, чем на 0,5 м выше конька крыши и не менее, чем на 3 м выше уровня земли;

- располагать конец стояка на расстоянии более 3 м от печной трубы, ближайшего окна или вентиляционного проема (в том числе соседнего здания).

6.7.12 Для эффективной работы системы естественной вытяжки необходимо, чтобы разность давлений в гравийном слое и в верхнем конце стояка составляла не менее 5 Па. При устройстве принудительной вытяжки оптимальный диаметр надземных труб зависит от схемы их прокладки и производительности вентилятора. Хорошие результаты достигаются при использовании пластмассовых труб диаметром 100 – 150 мм и малошумных осевых канальных вентиляторов производительностью 150–250 $м^3$ /ч. Корпус вентилятора следует размещать в чердачном помещении или на техническом этаже, как можно ближе к точке выброса газа. Места соединения корпуса вентилятора с трубами должны быть герметичными. Установка вентиляторов в подвале и на жилых этажах здания, не допускается.

6.7.13 Во избежание накопления конденсата в корпусе вентилятора рекомендуется устанавливать его в вертикальном прогоне трубопровода. Для облегчения обслуживания и замены вентилятора целесообразно использовать съемный крепеж и гибкие соединения вентилятора с трубой, что одновременно уменьшает передачу вибрации и шума.

6.7.14 При подключении вентилятора к электросети рекомендуется устанавливать два выключателя. Один устанавливается в удобном для пользователя месте, второй – рядом с вентилятором для исключения возможности его включения при производстве ремонтных или профилактических работ. Для управления работой и контроля состояния и эффективности работы вытяжной системы используют приборы ее автоматического включения, датчики давления, устройства сигнализации и т.п.

6.7.15 Все элементы систем должны удовлетворять требованиям норм пожаро- и электробезопасности, а также должны быть помечены понятным для пользователя образом, чтобы не путать их с элементами других ин женерных систем дома. Например, системой вентиляции помещений.

6.8 Реконструкция грунтового основания – замещение в основании здания интенсивно выделяющего радон грунта малоактивным плотным грунтом.

6.8.1 Реконструкция грунтового основания в интересах противорадоновой защиты рекомендуется в случаях, когда она осуществляется по иной веской причине. Например, при необходимости удаления газогенерирующих или опасно загрязненных химическими веществами грунтов. В таких случаях, по соображениям радонобезопасности, в качестве замещающего рекомендуется использовать мелкодисперсный грунт с удельной активностью радия = 226 не более 15 Бк/кг.

6.8.2 Радонопроницаемость замещающего грунта может быть понижена посредством его пропитки уплотняющим составом.

6 Критерий радонозащитной способности конструкции

6.1 В качестве критерия радонозащитной способности подземной ограждающей конструкции здания используется значение ее сопротивления радонопроницанию R, с/м.

6.2 Сопротивление радонопроницанию представляет разность объемных активностей радона на поверхностях конструкции, при которой через конструкцию из прилегающего к ней грунта проникает поток радона единичной плотности.

6.3 Значение сопротивления R радонопроницанию однослойной конструкции определяется по формуле

$$R = \frac{L}{D} sh\left(\frac{h}{L}\right), \qquad (1)$$

где D – коэффициент диффузии радона в материале слоя, $м^2/с$;

$L = \sqrt{\frac{D}{\lambda}}$ – длина диффузии радона в материале слоя, м;

$\lambda = 2{,}1 \cdot 10^{-6}$ постоянная распада радона, $с^{-1}$;

h – толщина слоя, м.

6.4 Приближенное значение сопротивления радонопроницанию конструкции, состоящей из двух и более слоев, определяется по формуле

$$R = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{L_i}{D_i} \cdot sh\left(\frac{h_i}{L_i}\right), \qquad (2)$$

где $i = 1,2,...n$ – порядковый номер слоя конструкции.

6.5 При расчете суммарного значения R для многослойной конструкции сопротивления таких слоев, как песчаная и гравийная подсыпка, выравнивающая и защитная стяжки и т.п., в силу их высокой газопроницаемости и небольшой толщины, допускается не учитывать. Значения сопротивлений радонопроницанию конструкций из бетона и бетона в сочетании со слоем гидро-газоизолирующего материала приведены в приложении А.

8 Расчет ожидаемой концентрации радона в помещении

8.1 Оценка уровня радоновой безопасности здания производится посредством расчета прогнозируемого значения эквивалентной равновесной объемной активности радона $A_{пр}$ во внутреннем воздухе модельного помещения. Геометрические параметры модельного помещения должны соответствовать параметрам типового помещения, расположенного на ближайшем к грунтовому основанию здания этаже.

8.2 Значение $A_{пр}$ рассчитывается по формуле

$$A_{пр} = \left(\frac{Q_{вп} \cdot S_{вп} + Q_г \cdot S_г}{V \cdot (\lambda + n_о)} + \frac{A_н \cdot n_о}{\lambda + n_о}\right) \cdot F, \qquad (3)$$

где $Q_{вп} = 2{,}5 \cdot 10^{-3}$ – среднее приближенное значение плотности потока радона поступающего в помещение от внутренних поверхностей ограждающих конструкций вследствие его выделения в материалах конструкций, Бк/(м^2 с);

$S_{вп}$ – сумма площадей внутренних поверхностей ограждающих конструкций помещения, м^2;

$Q_г$ – плотность потока радона проникающего в помещение из грунта через граничащую с ним горизонтальную ограждающую конструкцию, Бк/(м^2 с);

$S_г$ – площадь горизонтальной ограждающей конструкции, м^2;

V – объем помещения, м^3;

$n_о$ – кратность вентиляции помещения наружным воздухом, с$^{-1}$;

$A_н$ – объемная активность радона в наружном воздухе, Бк/м^3;

F – коэффициент сдвига радиоактивного равновесия.

8.3 Значение $Q_г$ рассчитывается по формуле

$$Q_г = 1,3 \cdot \frac{П_{Rn}}{R}, \quad (4)$$

где $П_{Rn}$ – радоновый потенциал грунта, Бк/м^3.

8.4 Значение $П_{Rn}$ рассчитывается по формуле

$$П_{Rn} = C_{Ra} \cdot \rho \cdot k, \quad (5)$$

где C_{Ra} – удельная активность радия-226 в грунте, Бк/кг;

ρ – плотность грунта, кг/м^3;

k – коэффициент эманирования радона в грунте;

9 Требуемое сопротивление радонопроницанию конструкции

9.1 Противорадоновая защита здания квалифицируется как достаточная, если прогнозируемое значение эквивалентной равновесной объемной активности радона во внутреннем воздухе модельного помещения $A_{пр}$ не превышает заданного допустимого значения $A_{доп}$. В противном случае принимаются меры, направленные на увеличение сопротивления радонопроницанию горизонтальной ограждающей конструкции, граничащей с грунтом.

9.2 Требуемое для выполнения условия $A_{пр} \le A_{доп}$ сопротивление радонопроницанию конструкции определяется по формуле

$$R_{тр} \ge \frac{П_{Rn}}{Q_{г.д}}, \quad (6)$$

где значение $Q_{г.д}$ рассчитывается по формуле

,

$$Q_{г.д} = \frac{A_{доп} \cdot V \cdot (\lambda + n_o)}{F \cdot S_г} - \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \cdot S_{вп} + A_н \cdot V \cdot n_o}{S_г} \quad (7)$$

10 Исходные данные для расчета

10.1 Исходные данные для расчета и проектирования противорадоновой

защиты здания следующие:

- допустимое значение эквивалентной равновесной объемной активности радона $A_{доп}$ в воздухе модельного помещения;

- характеристика интенсивности воздухообмена в помещении;

- данные о концентрации радона в наружном воздухе;

- физические характеристики грунта, залегающего в основании здания;

- физические характеристики ограждающей конструкции, граничащей с грунтовым основанием.

10.2 Допустимое значение $A_{доп}$ следует задавать в техническом задании на проектирование здания. При этом следует иметь ввиду, что:

- критерием радоновой безопасности здания служит значение среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) дочерних продуктов радона в воздухе помещений;

- согласно СанПиН 2.6.1.2523 значение ЭРОА радона и торона в воздухе помещений жилых и общественных зданий не должно превышать нормированного уровня вмешательства 100 Бк/м^3 . В случае его превышения эксплуатация здания не допускается и должны быть приняты меры по нормализации радоновой обстановки или осуществлено перепрофилирование здания;

- в соответствии с [2] активность радона в зданиях следует поддерживать на таком низком уровне, какой только может быть разумно достигнут с учетом экономических и социальных факторов .

10.3 С учетом изложенного в 10.2, расчетные допустимые значения $A_{доп}$ в зависимости от назначения здания рекомендуется задавать:

≤ 40 Бк/м ^{3} – для зданий детских, лечебных, спортивных и лечебно-оздоровительных учреждений;

≤ 60 Бк/м^3 – для жилых и общественных зданий.

10.4 Расчетные значения кратности воздухообмена в помещении n_o следует задавать по 4.2.

10.5 Расчетные значения удельной активности радия-226 C_{Ra} в грунте, его плотности ρ, а также объемной активности радона в наружном воздухе $A_н$ следует принимать в зависимости от результатов исследований, проводимых на участке застройки в составе инженерно-экологических изысканий [3] и инженерно-геологических изысканий по СП 47.13330.

10.6 Справочные значения коэффициента сдвига радиоактивного равновесия F, коэффициента эманирования радона k в грунте, коэффициентов диффузии радона в материалах конструкции D приведены в приложениях Б, В, Г. Пример расчета требуемого сопротивления радонопроницанию конструкции приводится в приложении Д.

Приложение А

Сопротивления радонопроницанию конструкций из бетона и бетона в сочетании с гидро-газоизолирующим материалом

Таблица А.1

Материал конструкции	Толщина слоя , мм	Сопротивление радонопроницанию, R с/м	
Монолитный армированный плотный товарный бетон класса не ниже В20 на цементном связующем и тяжелом заполнителе	50	$3{,}87 \cdot 10^5$	
	60	$4{,}66 \cdot 10^5$	
	70	$5{,}46 \cdot 10^5$	
	80	$6{,}79 \cdot 10^5$	
	90	$7{,}68 \cdot 10^5$	
	100	$9{,}38 \cdot 10^5$	
	150	$2{,}22 \cdot 10^6$	
	200	$4{,}85 \cdot 10^6$	
	250	$1{,}15 \cdot 10^7$	
	300	$2{,}59 \cdot 10^7$	
	350	$5{,}87 \cdot 10^7$	
	400	$1{,}30 \cdot 10^8$	
	450	$3{,}07 \cdot 10^8$	
	500	$6{,}86 \cdot 10^8$	
	550	$1{,}49 \cdot 10^9$	
	≥600	$3{,}41 \cdot 10^9$	
Бетон в сочетании с 3-миллиметровым слоем гидро-газоизолирующего материала с коэффициентом диффузии радона: А – $1 \cdot 10^{10}$ м^2/с , Б – $1 \cdot 10^{11}$ м^2/с		А	Б
	100	$3{,}50 \cdot 10^7$	$4{,}45 \cdot 10^8$
	150	$4{,}37 \cdot 10^7$	$5{,}43 \cdot 10^8$
	200	$6{,}42 \cdot 10^7$	$7{,}79 \cdot 10^8$
	250	$1{,}17 \cdot 10^8$	$1{,}38 \cdot 10^9$
	300	$2{,}28 \cdot 10^8$	$2{,}66 \cdot 10^9$
	350	$4{,}74 \cdot 10^8$	$5{,}47 \cdot 10^9$
	400	$1{,}09 \cdot 10^9$	$1{,}25 \cdot 10^{10}$
	450	$2{,}36 \cdot 10^9$	$2{,}68 \cdot 10^{10}$
	500	$4{,}76 \cdot 10^9$	$5{,}38 \cdot 10^{10}$
	550	$1{,}01 \cdot 10^{10}$	$1{,}13 \cdot 10^{11}$
	≥600	$2{,}25 \cdot 10^{10}$	$2{,}52 \cdot 10^{11}$

Приложение Б

Коэффициент сдвига радиоактивного равновесия дочерних продуктов радона во внутреннем воздухе при различных кратностях воздухообмена

Таблица Б.1

n_o, ч$^{-1}$	$n_o \cdot 10^5$, с$^{-1}$	F	n_o, ч$^{-1}$	$n_o \cdot 10^4$, с$^{-1}$	F
0	0,00	0,79	1,6	4,44	0,37
0,1	2,78	0,74	1,7	4,72	0,36
0,2	5,56	0,70	1,8	5,00	0,35
0,3	8,33	0,66	1,9	5,28	0,34
0,4	11,1	0,62	2	5,56	0,33
0,5	13,9	0,59	2,1	5,83	0,32
0,6	16,7	0,56	2,2	6,11	0,32
0,7	19,4	0,53	2,3	6,39	0,31
0,8	22,2	0,50	2,4	6,67	0,30
0,9	25,0	0,48	2,5	6,94	0,30
1	27,8	0,46	2,6	7,22	0,29
1,1	30,6	0,44	2,7	7,50	0,28
1,2	33,3	0,42	2,8	7,78	0,28
1,3	36,1	0,40	2,9	8,06	0,27
1,4	39	0,39	3	8,33	0,26
1,5	41,7	0,38	3,1	8,61	0,25

Приложение В

Коэффициенты эманирования радона в грунтах

Таблица В.1

Литолого-генетический тип породы	k
Глины покровные четвертичные (pr Q II-III)	0,45
Глины среднеюрского периода (J2 bt+cl)	0,45
Глины юрского периода оксфордского яруса (J3 oxf)	0,6
Глины каменноугольного периода (С2-3)	0,5
Пески аллювиальные и флювиогляциальные (aQIII-IY, flQII)	0,45
Суглинки моренные (gQIId,m)	0,35
Мергели четвертичные (lm,bQIII)	0,6
Известняки каменноугольного периода (С2-3)	0,2
Песчаники среднеюрского периода (J2 bt+cl)	0,1

Приложение Г

Коэффициенты диффузии радона в гидро-газоизоляционных материалах

Таблица Г.1

Материал	D, м^2/с
Битум дорожный по ГОСТ 22245 и строительный по ГОСТ 6617 модифицированный	$1{,}0 \cdot 10^{-10}$
Полимерно-битумное вяжущее (ПБВ)	$1{,}0 \cdot 10^{-10}$
Эпоксидная смола	$4{,}0 \cdot 10^{-12}$
Полимербетон	$1{,}0 \cdot 10^{-12}$
Покрытие напыляемое, эластомерное, на основе поликарбамида	$6{,}1 \cdot 10^{-11}$
Покрытие из напыляемой битумно-латексной эмульсии	$3{,}0 \cdot 10^{-10}$
Покрытие – мастика на основе органического преполимера	$0.9 \cdot 10^{-11}$
Покрытие – мастика кровельная, гидроизоляционная, на основе нефтяного битума модифицированного искусственным каучуком	$1.2 \cdot 10^{-10}$
Покрытие полиуретановое	
Рулонный кровельный и гидроизоляционный, наплавляемый, битумно-полимерный, водостойкий	$1{,}3 \cdot 10^{-10}$
Рулонный гидро-газоизоляционный, наплавляемый битумно-полимерный	$9{,}0 \cdot 10^{-11}$
Гидроизоляционный на основе гибкого полипропилена, полиуретана, этилен-пропилен-диен-мономера, битума модифицированного сополимером этилена	$2{,}5 \cdot 10^{-10}$
Рулонный на основе полиэтилена высокой плотности	$8{,}0 \cdot 10^{-12}$
Рулонный гидроизоляционный на битумной основе	$1{,}0 \cdot 10^{-10}$
Рулонный на битумно-полимерной основе	$1{,}0 \cdot 10^{-10}$
Мембрана на основе полиолефина	$9{,}0 \cdot 10^{-12}$
Мембрана на основе полиэтилена низкой плотности типа	$4{,}4 \cdot 10^{-11}$
Мембрана на основе пластифицированного поливинилхлорида	$6{,}0 \cdot 10^{-11}$
Мембрана из алюминиевой фольги покрытой модифицированным битумом	$5.5 \cdot 10^{-12}$
Мембрана из полиэтиленовой пленки покрытой модифицированным битумом	$3.2 \cdot 10^{-11}$

Приложение Д

Пример расчета сопротивления радонопроницанию конструкций

Таблица Д.1

1 Исходные данные			Источник данных
1.1 Допустимое значение ЭРОА радона в помещении	$A_{доп} \le 40$ Бк / м^3		10.3
1.2 Фундамент здания	Ленточный монолитный		–
1.3Конструкция пола подвала	Сплошная плита из монолитного, армированного дорожной сеткой бетона класса В20 толщиной h=50 мм по втрамбованному в грунт щебню		–
1.4 Сопротивление радонопроницанию конструкции пола подвала	R	3,87·10^5	Приложение А
1.5 Размеры модельного помещения:	Длина Ширина Высота	5,7 м 3,6 м 2,7 м	8.1
1.6 Сумма площадей внутренних поверхностей ограждающих конструкций	$S_{вп}$	91,26 м^2	–
1.7 Площадь конструкции пола подвала	$S_г$	20,52 м^2	–
1.8 Объем помещения	V	55,4 м^3	–
1.9 Кратность воздухообмена	n_o	8,33·10^{-5} с$^{-1}$ (0,3 ч$^{-1}$)	–
1.10 Коэффициент сдвига радиоактивного равновесия	F	0,66	приложение Б
1.11 Тип грунта в основании здания	Глина		Результаты изысканий
1.12 Характеристики грунта: удельная активность радия плотность коэффициент эманирования	 C_{Ra} ρ k	 35 Бк/кг 1900 кг/м^3 0,45	Результаты изысканий и приложение В
1.13 Объемная активность радона внаружном воздухе	$A_н$	10 Бк/м^3	Результаты изысканий
2 Расчет			
2.1 Радоновый потенциал грунта	$П_{Rn}$	29925 Бк/м^3	По формуле (5)
2.2 Плотность потока радона, проникающего в помещение из грунта	$Q_г$	0,077 Бк/(м^2 с)	По формуле (4)
2.3 Ожидаемое значение ЭРОА радона в помещении	$A_{пр}$	258,7 Бк/м^3	По формуле (3)

В связи с недостаточной радонозащитной способностью конструкции по 9.2. условие $A_{пр} \le A_{доп}$ не выполняется. Требуемое для выполнения заданного условия значение сопротивления радонопроницанию конструкции определяется согласно 7.2–7.5.			
2.4. Допустимое значение потока радона, проникающего из грунта в помещение	$Q_{г.д}$	0,00061 Бк/(м^2 с)	По формуле (7)
2.5. Требуемое значение сопротивления радонопроницанию конструкции	$R_{тр}$	$4{,}94 \cdot 10^7$ с/м	По формуле (6)

Библиография

[1] МУ 2.6.1.038 – 2015 Оценка потенциальной радоноопасности земельных участков под строительство жилых, общественных и производственных зданий

[2] СП 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила обеспечения безопасности (ОСПОРБ-99/2010, зарегистрированы в Министерстве юстиции Российской Федерации 11 августа 2010 г. № 18115)

[3] СП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства

gost.e-ecolog.ru