

2.4 ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРОТИВОРАДОНОНОВОЙ ЗАЩИТЕ ЗДАНИЙ

Радиационная безопасность при облучении населения радоном в жилых и общественных зданиях обеспечивается за счет соблюдения установленных норм и требований [СанПиН 2.6.1.2523-09]. Основными исходными данными, которые используются при обосновании необходимости и выборе вариантов мероприятий по снижению содержания радона в воздухе жилых и общественных зданий, являются следующие:

- потенциальная радоноопасность территории, определяемая в рамках инженерно-экологических изысканий [СП 502.1325800.2021, МУ 2.6.1. 2398-08];
- среднегодовое значение ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений, которое определяет необходимую кратность снижения содержания радона в воздухе помещений после осуществления радонозащитных мероприятий, определяемое при проведении выборочных или заказных обследований здания в рамках [МУ 2.6.1.2838-11; МУ 2.6.1.037–2015];
- основные источники поступления радона в воздух помещений [МУ 2.6.5.062–2017];
- основные механизмы и пути поступления и переноса радона в воздухе помещений [МУ 2.6.5.062–2017].

В случае, когда на основании анализа комплексных исследований установлено, что содержание радона в воздухе помещений здания не соответствует требованиям нормативных документов [СанПиН 2.6.1.2523-09], то должно быть принято решение о проведении мероприятий по радоновой защите здания.

2.4.1. Источники поступления радона в воздух жилых и общественных зданий

Основными источниками поступления радона в здания являются грунт (подстилающие породы) и строительные материалы. В некоторых случаях заметный вклад в приток радона в помещения зданий может вносить вода подземных источников, используемая для хозяйственно-бытового назначения, природный газ, а также наружная атмосфера.

Для подвальных и полуподвальных помещений, а также помещений, расположенных на нижних этажах зданий, наиболее вероятным доминирующим источником радона будет грунт и подстилающие породы под зданием. Для помещений, расположенных на верхних этажах, в особенности для многоэтажных зданий, наиболее вероятным источником радона будет его выделение из материалов строительных конструкций.

Идентификация грунта под зданием как доминирующего источника поступления радона в здание может быть осуществлена путем сопоставления среднегодовых значений ОА радона на первом и более высоких этажах. Статистически значимое превышение значений ОА радона в помещениях первого этажа над значениями для более высоких этажей свидетельствует о том, что грунт под зданием является доминирующим источником радона.

Отсутствие выраженных различий в среднегодовых значениях ОА радона между помещениями на первом этаже и помещениями, расположенными на более высоких этажах, является свидетельством того, что доминирующим источником радона в помещениях являются материалы строительных конструкций.

При анализе строительных материалов как потенциальных источников радона используют два вида оценок: прямую (по плотности потока радона с поверхности стен) и косвенную (по мощности дозы гамма-излучения). Второй вид позволяет более или менее уверенно получить отрицательный ответ – строительные материалы как источник радона можно исключить из рассмотрения. В силу простоты этого метода именно его

целесообразно проводить при предварительном обследовании и лишь при необходимости дальнейшей верификации результатов измерений применить первый вид оценки – метод измерения плотности потока радона с поверхностей строительных конструкций.

В высотных зданиях большую роль в распределении содержания радона по высоте играет система вентиляции: на первом и последнем этажах оно отличается достаточно сильно из-за высоты и пр., поэтому в случае, когда основным источником являются строительные материалы, это распределение имеет вид перевернутой пирамиды, а когда грунт – обычной пирамиды с усеченным верхом.

2.4.2. Пути и механизмы поступления и переноса радона в воздухе помещений зданий

Процессы поступления радона в объем помещений здания обусловлены двумя основными механизмами: диффузионным, т.е. наличием градиента концентраций радона в среде, и конвективным (адвективным), вызванным наличием разности давлений между внутренним объемом здания и внешней атмосферой, различными частями здания и т.д. Принципиальные различия между диффузионным и конвективным механизмами поступления радона в здание приводят к необходимости использования различных подходов к описанию этих процессов, и различных инженерных мер по уменьшению поступления радона в здание.

Оценка доминирующего механизма поступления радона в здание осуществляется путем сопоставления средних значений ОА радона для обследуемого помещения в теплый и холодный сезоны. Если для холодного сезона наблюдается статистически значимое превышение среднего значения ОА радона над средним значением ОА радона для теплого сезона, то доминирующим механизмом поступления радона в помещение будет конвективный механизм. При обратной зависимости – статистически значимом превышении средних значений ОА радона в теплый сезон над

значениями, характерными для холодного сезона, можно считать, что доминирующим механизмом поступления радона в помещение будет диффузионный механизм.

При близких средних значениях ОА радона в теплый и холодный сезоны можно считать, что диффузионный и конвективный механизмы поступления радона в помещение дают сопоставимый вклад.

2.4.3. Методические подходы к обеспечению противорадоновой защиты зданий

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 [Гулабянц, 1994; Жуковский и др., 2000].

Методы снижения содержания радона в воздухе помещений включают вентилирование воздушного пространства здания, грунтового основания здания и герметизацию путей поступления радиоактивного газа из грунта в помещение [СП 321.1325800.2017; МР 35-14 – 2014].

Снижение содержания радона за счет увеличения кратности воздухообмена наиболее эффективно при диффузионном механизме поступления радона в здание независимо от того, является ли источником радона грунт под зданием или материалы строительных конструкций.

Вентилирование грунтового основания здания является эффективной мерой противорадоновой защиты в ситуациях, когда основным источником поступления радона является грунт под зданием, а доминирующим механизмом поступления радона является конвективный механизм.

Герметизация путей поступления радона в здание является эффективной мерой противорадоновой защиты в ситуациях, когда основным источником поступления радона является грунт под зданием. Метод будет эффективен как для конвективного, так и для диффузионного механизмов поступления радона в здание. 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 гидрогазоизоляционными материалами с низкими значениями коэффициента диффузии радона [СП 321.1325800.2017].

Выбор вариантов мероприятий по снижению содержания радона в воздухе зданий в каждом случае основывается на конкретных характеристиках здания и баланса радона в нем. Отдельные виды таких мероприятий в чистом виде применяются редко: как правило, наиболее эффективными являются различные их сочетания. Для лучшего понимания их существа рассмотрим основные виды мероприятий по снижению содержания радона в воздухе жилых и общественных зданий.

2.4.3.1. Вентиляция воздушного пространства помещений зданий

Задачей вентиляции является увеличение кратности воздухообмена в здании. В помещениях с ненормируемыми параметрами вентиляции кратность воздухообмена по соображениям радонобезопасности должна составлять не менее $0,15 \text{ ч}^{-1}$ [СП 321.1325800.2017].

Вентиляция жилых помещений зданий

На практике увеличение кратности воздухообмена в здании может быть достигнуто двумя различными подходами:

- вентиляция без сбережения тепла, уходящего с воздухом из здания. Данный вид вентиляции может быть реализован при помощи как естественной вентиляции (за счет открывания окон и дверей), так и приточных вентиляционных систем;
- вентиляция со сбережением (рекуперацией) тепла. Используемые для этого устройства называются теплосберегающими вентиляторами (ТСВ) или воздушно-воздушными теплообменниками.

Естественная вентиляция осуществляется за счет открывания окон, вентиляционных отверстий, установкой клапанов микропроветривания в окнах, клапанов инфильтрации воздуха в стены зданий и т.д. для увеличения поступления наружного воздуха в помещения. Приточная вентиляция – с помощью одного или нескольких вентиляторов, нагнетающих наружный воздух в здание.

Снижение содержания радона за счет интенсификации воздухообмена помещений происходит за счет притока свежего наружного воздуха, разбавления воздуха в помещении и выноса радона из помещения.

Общими недостатками как естественной, так и приточной вентиляции являются высокие дополнительные расходы на отопление здания и дискомфорт, создаваемый для обитателей здания при высоких кратностях воздухообмена, что накладывает определенные ограничения на ее применение в течение всего года.

Вентиляция со сбережением тепла осуществляется с помощью воздушно-воздушных теплообменников (ТСВ), использующих вентиляторы для обеспечения требуемой кратности воздухообмена в помещении или здании. В конструкцию ТСВ обычно входят два вентилятора: приточный и вытяжной. Потоки воздуха через них (входящий и исходящий) устанавливаются равными и встречаются в теплообменнике, где часть тепла от удаляемого воздуха идет на нагрев поступающего. В этом случае существенно снижаются расходы на отопление, связанные с увеличением вентиляции здания.

Вентиляция воздушного пространства подпольных помещений зданий

Естественная и принудительная системы вентиляции могут быть использованы для вентиляции подпольного пространства, которое играет роль буфера с низким содержанием радона. С позиции противорадоновой защиты важно, чтобы система вентиляции не создавала в помещении более низкого давления, чем в подполье.

Для изолированного от жилой зоны подпольного пространства необходимо создать или открыть уже существующие в нем вентиляционные отверстия на нескольких сторонах здания. Для эффективного снижения содержания радона в здании такая естественная вентиляция подпольного пространства должна осуществляться круглогодично. При этом необходимо предусмотреть теплоизоляцию проходящих труб водо- и теплоснабжения, а также пола жилой зоны, расположенной непосредственно над подпольным пространством.

Если подпольное пространство сообщается с жилыми помещениями, то рекомендуется его изоляция путем установки герметизированного люка, двери и т.д. в зависимости от конструктивных особенностей здания.

Естественную или принудительную вентиляцию подпольных пространств следует рассматривать как наиболее эффективное мероприятие по снижению содержания радона в воздухе зданий, в которых имеются подвальные этажи или технические подвалы.

2.4.3.2. Вентиляция грунтового основания зданий

Основной метод вентилирования грунта – откачка почвенного воздуха из-под здания. Данный метод эффективен только в том случае, когда между зданием и почвенным воздухом под плитой основания фундамента создается положительная разность давлений, препятствующая поступлению почвенного воздуха с высоким содержанием радона.

Во избежание снижения эффективности работы систем активного вентилирования грунта, основные пути поступления почвенного воздуха в здание должны быть тщательно герметизированы. В противном случае движение воздуха через эти пути не позволит обеспечить получение требуемой разности давлений или уровня разбавления радона в почвенном воздухе.

На практике можно встретить здания, не имеющие сплошной плиты основания фундамента либо монолитного пола в подвальном помещении или подпольном пространстве под перекрытием пола первого этажа. К ним, как правило, относятся практически все здания сельского типа. Вследствие отсутствия воздухопроницаемого барьера между грунтом и атмосферой подпольного пространства в них невозможно использовать рассмотренные выше системы активной вентиляции грунта. Искусственный барьер можно сделать, полностью закрыв земляной пол в подпольном пространстве радонозащитной пленкой (мембраной), а вентиляцию грунта осуществлять путем откачки почвенного воздуха из-под мембраны.

Наряду с активными системами вентилирования грунтового основания здания применяются так называемые пассивные системы, основное преимущество которых связано с отсутствием эксплуатационных расходов. Конструкция пассивных систем вентиляции грунта полностью аналогична активным за одним исключением – в них отсутствует вытяжной вентилятор. Работа этих систем основана на создании разрежения в грунтовом основании фундамента за счет следующих естественных процессов:

- движения ветровых потоков, создающих около крыши здания зону пониженного давления;
- разности температур между относительно теплым воздухом в воздуховоде, проходящем внутри здания, и холодным воздухом снаружи здания.

Создание разрежения в грунтовом основании фундамента за счет разности температур аналогично по своей природе стек-эффекту, приводящему к поступлению почвенного воздуха в здание.

Принципиальным отличием является то, что система воздухопроводов от подвального помещения к крыше здания является для почвенного воздуха прямым путем в атмосферу (без захода в жилую зону здания). Работа системы пассивной вентиляции почвы за счет разности температур

эффективна лишь в случае, когда вся система вытяжных воздуховодов смонтирована внутри здания.

Детальная характеристика методов изоляции путей поступления радона в здания, вентиляции помещений и грунтового основания здания как мероприятий по снижению содержания радона в воздухе помещений представлена в [СП 321.1325800.2017] и [МР 35-14 – 2014].

2.4.4. Оценка эффективности мероприятий по снижению содержания радона в воздухе помещений жилых и общественных зданий

После завершения мероприятий по снижению содержания радона в воздухе помещений производится проверка их эффективности. Для этого проводятся повторные измерения для оценки среднегодового значения ЭРОА изотопов радона, а эффективность мероприятий оценивается как отношение среднегодовой ЭРОА до начала и после окончания мероприятий. Если это отношение больше 1, то эффективность мероприятий считается положительной, при всех других значениях этого отношения считается, что мероприятия не дали положительного эффекта.

При этом, если по завершении мероприятий по снижению содержания радона в воздухе помещений среднегодовые значения ЭРОА изотопов радона удовлетворяют нормативным требованиям для данного типа помещений, то дальнейшая эксплуатация здания разрешается без ограничений.

Если по завершении мероприятий по снижению содержания радона в воздухе помещений среднегодовые значения ЭРОА изотопов радона продолжают превышать нормативные значения, то решается вопрос о дальнейшем их продолжении, или о перепрофилировании здания или части помещений.

Для контроля долговременной эффективности мероприятий по снижению содержания радона в воздухе помещений рекомендуется не менее,

чем раз в пять лет проводить оценку среднегодового значения ЭРОА изотопов радона в здании в соответствии с указаниями МУ 2.6.1.2838-11.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гулабянц, Л.А. Основные принципы противорадоновой защиты зданий / Л.А. Гулабянц // АНРИ. – 1994. – № 2. – С. 32–35.
- Жуковский М.В., Кружалов А.В., Гурвич В.Б., Ярмошенко И.В. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. – 180 с. – ISBN 5-7691-1088-0.
- МР 35-14 – 2014. Организация и проведение мероприятий по снижению содержания изотопов радона в помещениях жилых и общественных зданий и сооружений : методические рекомендации. – М.: ФМБА России, 2014. – 51 с.
- МУ 2.6.1.037–2015. Определение среднегодовых значений ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений по результатам измерений разной длительности : методические указания. – М.: ФМБА России, 2016. – 48 с.
- МУ 2.6.1.2398-08. Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий, сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности : методические указания. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 27 с.
- МУ 2.6.1.2838-11. Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности : методические указания. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. – 26 с.
- МУ 2.6.5.062–2017. Углубленное обследование объектов с высокими уровнями содержания радона в помещениях : методические указания. – М.: ФМБА России, 2017. – 65 с.
- СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) : санитарные правила и нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 100 с.
- СП 321.1325800.2017. Здания жилые и общественные. Правила проектирования противорадоновой защиты : свод правил. – М.: Стандартинформ, 2017. – 35 с.
- СП 502.1325800.2021. Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ : свод правил. – М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2021. – 141 с.