ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54857— 2011

ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Определение кратности воздухообмена помещений методом индикаторного газа

(ISO 12569:2000, NEQ)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Учреждением «Научно-исследовательский институт строительной физики» Российской академии архитектуры и строительных наук

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2011 г. № 1562-ст

4 В настоящем стандарте учтены основные нормативные положения международного стандарта ИСО 12569:2000 «Тепловая характеристика зданий — Определение обмена воздуха — Метод разжижения индикаторного газа» (ISO 12569:2000 «Building heat characteristic — Determination of air change — Method of dilution of indicator gas», NEQ)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Ноябрь 2019 г.

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2000 — Все права сохраняются
© Стандартинформ, оформление, 2012, 2019

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения ... 1
2 Нормативные ссылки ... 1
3 Термины и определения ... 2
4 Сущность метода ... 2
5 Выбор объекта испытания ... 3
6 Аппаратура и оборудование ... 3
7 Подготовка к испытанию ... 4
8 Проведение испытаний ... 5
9 Обработка результатов ... 8
10 Оценка погрешности испытаний и измерений ... 10
11 Отчет об испытании ... 10
12 Требования безопасности ... 10
Приложение А (справочное) Точность измерения газоанализатора ... 11
Приложение Б (справочное) Калибровка газоанализатора ... 12
Приложение В (справочное) Доверительные интервалы ... 13
Приложение Г (справочное) Оценка погрешности при анализе ... 14
Приложение Д (справочное) Типы индикаторного газа ... 15
Приложение Е (справочное) Перечень необходимой информации в отчете об испытаниях ... 16
Библиография ... 17

Введение

Создание стандарта на методы определения теплозащитных характеристик зданий и сооружений базируется на требованиях Федерального Закона № 384-ФЗ от 30 декабря 2009 г. «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», согласно которому здания и сооружения, с одной стороны, должны исключать в процессе эксплуатации нерациональный расход энергетических ресурсов, а с другой — не создавать условия для недопустимого ухудшения параметров среды обитания людей.

Настоящий стандарт разработан с целью подтверждения соответствия кратности воздухообмена и других показателей воздухопроницаемости помещений, группы помещений (квартир) и зданий в целом нормативным значениям и требованиям контроля этих показателей согласно [1] с учетом требований ГОСТ Р 51380 и ГОСТ Р 51387. Настоящий стандарт позволяет проверить качество примыканий элементов ограждающих конструкций при приемке зданий и последующей эксплуатации и наметить мероприятия по снижению их воздухопроницаемости.

Настоящий стандарт является одним из базовых стандартов, обеспечивающих параметрами энергетический паспорт и энергоаудит эксплуатируемых зданий и сооружений.

В настоящем стандарте учтены положения международного стандарта ИСО 12569:2000 «Тепловые характеристики зданий. Определение кратности воздухообмена. Метод распределения индикаторного газа».

Настоящий стандарт также соответствует международным стандартам в части методов испытаний.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Определение кратности воздухообмена помещений методом индикаторного газа

Buildings and structures. Determination of air change factor of rooms by method of indicator gas

Дата введения — 2012—05—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы определения объемного расхода воздуха и кратности воздухообмена объекта: помещения, группы помещений (квартиры) жилых, общественных, административных, бытовых, сельскохозяйственных, вспомогательных помещений производственных зданий и сооружений, а также здания в целом.

Настоящий стандарт учитывает использование различного состояния индикаторного газа в испытуемом объекте для определения воздухообмена, вызванного меняющимися погодными условиями и применением принудительной вентиляции в эксплуатируемом здании или сооружении.

Требования настоящего стандарта распространяются на помещения и здания с открытыми по условию технологии проемами в ограждениях.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.2.007.1 Система стандартов безопасности труда. Машины электрические вращающиеся. Требования безопасности

ГОСТ 112 Термометры метеорологические стеклянные. Технические условия

ГОСТ 618 Фольга алюминиевая для технических целей. Технические условия

ГОСТ 949 Баллоны стальные малого и среднего объема для газов на $P_p \le 19{,}6$ МПа (200 кгс/см^2). Технические условия

ГОСТ 5638 Фольга медная рулонная для технических целей. Технические условия

ГОСТ 7402 Электровентиляторы бытовые. Общие технические условия

ГОСТ 8050 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия

ГОСТ 10589 Полиамид 610 литьевой. Технические условия

ГОСТ 11383 Трубки медные и латунные тонкостенные. Технические условия

ГОСТ 13320 Газоанализаторы промышленные автоматические. Общие технические условия

ГОСТ 14162 Трубки стальные малых размеров (капиллярные). Технические условия

ГОСТ 16338 Полиэтилен низкого давления. Технические условия

ГОСТ 18954 Прибор и пипетки стеклянные для отбора и хранения проб газа. Технические условия

ГОСТ 19034 Трубки из поливинилхлоридного пластиката. Технические условия

ГОСТ 21400 Стекло химико-лабораторное. Технические требования. Методы испытаний

ГОСТ 22967 Шприцы медицинские инъекционные многократного применения. Общие технические требования и методы испытаний

ГОСТ 26996 Полипропилен и сополимеры пропилена. Технические условия

Издание официальное

ГОСТ Р 51380 Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности энергопотребляющей продукции их нормативным значениям. Общие требования[1)]

ГОСТ Р 51387 Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения[2)]

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии 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 стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **воздухопроницаемость:** Свойство ограждения пропускать воздух.

3.2 **объект (испытаний):** Пространство (помещение, группа смежных помещений), ограниченное внутренними поверхностями наружных ограждений, через которое осуществляется воздухообмен с окружающей объект средой и в котором может поддерживаться в процессе испытаний определенная концентрация индикаторного газа.

3.3 **объемный расход воздуха:** Общий объем воздуха, проходящего через объект за единицу времени, $м^3/ч$.

3.4 **внутренний объем объекта:** Объем, ограниченный внутренними поверхностями наружных ограждений, $м^3$.

3.5 **кратность воздухообмена объекта:** Отношение объемного расхода воздуха, проходящего через объект за единицу времени, к внутреннему объему объекта, $ч^{-1}$.

3.6 **индикаторный газ:** Газ, который может быть смешан с воздухом объекта и измерен в очень малых концентрациях в целях изучения воздухообмена (типы индикаторных газов приведены в приложении Д).

4 Сущность метода

Сущность метода индикаторного газа заключается в том, что в воздух испытуемого объекта вводят небольшой объем индикаторного газа, размешивают его с помощью вентиляторов до равномерного распределения в воздушной среде объекта, обеспечивая низкую концентрацию индикаторного газа, которую регистрируют с помощью газоанализатора. Измерения концентрации индикаторного газа в воздушной среде объекта проводят при следующих условиях поддержания существования индикаторного газа в испытываемом объекте:

а) уменьшение во времени концентрации индикаторного газа после первичного его введения (метод снижения концентрации индикаторного газа);

б) непрерывное введение индикаторного газа, при котором отслеживают изменение концентрации относительно заданной скорости подачи индикаторного газа (метод непрерывной подачи индикаторного газа);

в) обеспечение постоянной концентрации, при которой отслеживают объем индикаторного газа, необходимый для поддержания концентрации на постоянном уровне (метод постоянной концентрации индикаторного газа).

По результатам измерений концентрации индикаторного газа вычисляют обобщенные характеристики воздухопроницаемости испытуемого объекта (объемный расход воздуха, кратность воздухообмена).

При применении того или иного индикаторного газа (см. приложение Д) следует предварительно убедиться в том, что существенная часть индикаторного газа, сопоставимая с общим объемом индика-

[1)] Действует ГОСТ 31531—2012.

[2)] Действует ГОСТ 31607—2012.

торного газа, содержащегося в воздухе испытуемого объекта, не может быть поглощена поверхностями объекта и предметов, находящихся внутри него. Также следует избегать условий, при которых добавленный объем индикаторного газа составляет небольшую часть относительно фонового уровня содержания этого газа в атмосфере. Использование радиоактивных индикаторных газов не допускается.

5 Выбор объекта испытания

5.1 Объектами испытания могут являться эксплуатируемые помещения (отдельные помещения или группы помещений, имеющие в составе своих внешних ограждений стены, покрытия и перекрытия, контактирующие с наружным воздухом), находящиеся в многоэтажном или одноэтажном здании. Объекты испытаний могут иметь оконные и дверные проемы, заполненные соответствующими оконными и дверными блоками с закрытыми согласно технологии эксплуатации здания створками.

5.2 Ограждающие конструкции объекта не должны иметь отверстий и щелей, свободно пропускающих воздух внутри испытуемого объема (соседние помещения) и из него.

5.3 В испытуемый объект не включаются помещения с собственной вентиляцией (котельные, гаражи).

6 Аппаратура и оборудование

Для реализации способов определения характеристик воздухообмена испытуемого объекта с помощью индикаторного газа комплект приборов должен содержать устройства подачи и распределения индикаторного газа, устройства забора проб воздуха, газоанализатор для измерения концентрации индикаторного газа в пробах и другие измерительные приборы.

6.1 Устройства подачи в испытываемый объем индикаторного газа

Стальной баллон по ГОСТ 949, содержащий сжатый индикаторный газ с выходным запираемым отверстием, контрольным клапаном, электронным контролером массового расхода.

Градуированный шприц по ГОСТ 22967 или другое устройство с устройством контролируемого выпуска содержащегося в нем газа.

6.2 Устройства распределения индикаторного газа

Система распределяющих труб (стальных по ГОСТ 14162, медных по ГОСТ 11383 или полимерных по ГОСТ 19034), обеспечивающих транспортировку индикаторного газа во все помещения испытуемого объекта.

Вентиляторы по ГОСТ 7402, обеспечивающие равномерное смешение индикаторного газа с воздухом испытываемых объемов.

6.3 Устройства забора проб индикаторного газа

Устройства ручного отбора проб: шприцы по ГОСТ 22967, гибкие колбы, воздушные баллоны объемом, превышающим объем камеры газоанализатора не менее чем в три раза, или специальные приборы со стеклянными пипетками по ГОСТ 18954.

Сеть по отбору проб для анализа концентрации индикаторного газа в различных местах испытываемого объекта.

Сеть по отбору проб включает в себя:

а) систему труб, подведенных к местам отбора проб;

б) коллектор, присоединенный к каждой из труб системы и отбирающий пробы воздуха, смешанного с индикаторным газом, с равными объемными расходами, объединяет пробы и передает на газоанализатор;

в) переключатель, позволяющий проводить отбор проб из отдельных зон объекта и передавать их на газоанализатор;

г) насос, доставляющий пробу воздуха через систему труб к газоанализатору с минимальной разницей между временем отбора пробы и временем доставки к газоанализатору;

д) устройство для отбора проб для лабораторного анализа, представляющее собой шприц по ГОСТ 22967, или баллон для проб, или газоанализатор, отрегулированный для отбора проб через определенные промежутки времени. Отдельные автоматические устройства отбора проб могут быть размещены в различных местах по всей площади испытуемого объекта.

Материалы, используемые в устройствах для отбора проб, не должны впитывать используемый индикаторный газ и вступать с ним в реакцию, а также мешать его распределению в воздушной среде. Предпочтительными материалами для жестких устройств являются стекло по ГОСТ 21400, медь и нержавеющая сталь, для гибких резервуаров — металлическая фольга по ГОСТ 618, ГОСТ 5638. Среди других исследуемых материалов могут быть полипропилен по ГОСТ 26996, полиэтилен по ГОСТ 16338 и полиамид по ГОСТ 10589. В зависимости от типа индикаторного газа неприемлемыми могут быть легкие пластмассы.

6.4 Газоанализаторы

В том числе газоанализатор по ГОСТ 13320, газохромотограф, инфракрасный газоанализатор.

Газоанализатор должен соответствовать используемому индикаторному газу (см. приложение Е) и его концентрациям, установившимся в процессе испытаний. В соответствии с имеющими место при испытании концентрациями газоанализатор должен быть откалиброван, погрешность измерений не должна превышать 5 %.

6.5 Оборудование для сбора данных и систем контроля

(Это оборудование необязательно для всех измерений, кроме метода постоянной концентрации)

Прибор сбора данных с соответствующим интерфейсом, обеспечивающим передачу данных о температурах внутри и снаружи объекта, скорости и направлении ветра, концентрации индикаторного газа к компьютеру или другому машиночитаемому устройству хранения данных.

Устройство управления, т. е. компьютер, использующий информацию о текущих параметрах концентрации индикаторного газа для контроля за испытанием.

Примечание — В случае, если контроль за концентрациями газа основан на измерениях концентрации, необходим алгоритм, минимизирующий отклонения от заданного значения концентрации. Для метода постоянной концентрации эффективно использование цифрового алгоритма адаптивного линейного регулирования.

6.6 Устройства, фиксирующие температурно-воздушный режим наружной и внутренней среды и временные параметры испытания

Переносная метеостанция (необязательно), т. е. устройство, фиксирующее скорость и направление ветра, а также температуру вне помещения.

Температурный датчик (необязательно), т. е. термометр по ГОСТ 112 или устройство, фиксирующее данные с термопар, термисторов и термодатчиков.

Таймер (необязательно), т. е. устройство, обеспечивающее общий регламент для всех измерительных процедур (включая время введения газа, время отбора проб) и метеорологических явлений.

7 Подготовка к испытанию

7.1 Подготовка объекта

7.1.1 В испытуемых помещениях включают все оборудование для сжигания топлива, вытяжные и приточные вентиляторы и кондиционеры воздуха. Определяют состояние вентиляционной системы и проемов объекта на момент начала испытания.

7.1.2 В испытуемом объекте закрывают все наружные окна и двери, открывают все внутренние двери испытуемой группы помещений, закрывают двери помещений, не включенных в испытание.

7.1.3 С помощью рулетки измеряют габариты (размеры в плане и высоту) испытуемых помещений и размеры оконных, дверных и прочих проемов в наружных ограждениях. По результатам измерений габаритов вычерчивают план испытуемого объекта. Полученные в результате измерений параметры сопоставляют с проектными данными, отмечая отличия от проектного решения. Определяют объем испытуемого объекта с точностью не менее 15 % реального объема.

7.1.4 Определяют и фиксируют температуру воздуха внутри помещений испытуемого объекта. Получают данные о температуре воздуха, скорости и направлении ветра от метеорологической службы или переносной метеорологической станции.

7.2 Подготовка оборудования

7.2.1 Во время испытаний баллон с индикаторным газом устанавливают вне испытуемого объекта.

7.2.2 После выбора метода испытаний по определению характеристик воздухообмена объекта выбирают тип индикаторного газа (см. приложение Д), устройства и системы введения газа в испытуемый объект, устанавливают внутри объекта вентиляторы для эффективного распределения индикаторного газа в объеме внутреннего воздуха, выбирают устройства для отбора проб и тип газоанализатора, проводят калибровку газоанализатора в зависимости от выбранного метода (см. приложение Б), для методов непрерывной подачи и постоянной концентрации индикаторного газа при необходимости монтируют системы сбора проб и обработки экспериментальных данных.

7.2.3 Перед началом испытаний все внутренние пространства подачи и отбора проб индикаторного газа, систем распределения индикаторного газа, коллекторов транспортировки проб к газоанализатору освобождают от остатков газовых смесей, сохранившихся в них от предыдущих испытаний, в частности, продувкой воздухом из других помещений, не подвергшихся испытаниям.

7.2.4 У насосов, обеспечивающих доставку проб по коллекторам из зон отбора проб объекта к газоанализатору, проверяют режим работы своевременного включения и выключения при попадании пробы в зону датчика газоанализатора.

8 Проведение испытаний

Для определения характеристик воздухообмена испытуемого объекта применяют следующие методы смешения индикаторного газа с воздухом помещений объекта:

8.1 Метод снижения концентрации индикаторного газа (см. рисунок 1 и таблицу 1)

8.1.1 Внутрь пространства испытуемого объекта вводят с помощью шприца или другого подобного устройства небольшой объем индикаторного газа, достаточный для создания концентрации, соответствующей высшему пределу измерения газоанализатором (этап 1).

8.1.2 С помощью вентиляторов, установленных внутри испытуемого объекта, осуществляют распределение индикаторного газа внутри объекта, чтобы его концентрация отличалась не более чем на 10 % от среднего значения по объекту (этап 2).

8.1.3 Для подтверждения равномерности распределения первоначальной концентрации индикаторного газа отбирают пробы (образцы) не менее чем в двух различных местах объекта (этап 3).

8.1.4 В процессе испытания отбирают пробы воздуха в течение двух фиксированных промежутков времени (на рисунке 1 — Время 1 и Время 2[а]). Рекомендуется дополнительно отобрать образцы воздуха для двух различных промежутков времени (на рисунке 1 — Время 3[а] и Время 4[а]) для изучения постоянства скорости воздухообмена в процессе испытаний (этап 4).

8.1.5 В конце этапа отбора проб дополнительные образцы исследуют для установления того, что концентрация индикаторного газа не превышает 10 % среднего уровня (этап 5).

8.1.6 Концентрацию индикаторного газа всех отобранных образцов в воздухе измеряют с помощью газоанализатора и полученные значения используют для определения характеристик воздухообмена.

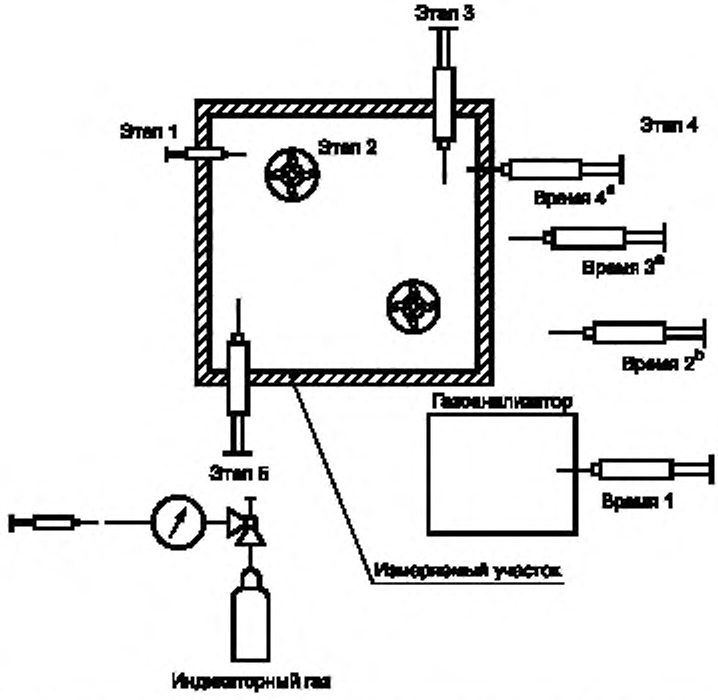


Рисунок 1 — Общая схема метода установки и этапов снижения концентрации индикаторного газа

Последовательность действий для выполнения этапов метода снижения концентрации индикаторного газа приведена в таблице 1.

Таблица 1 — Последовательность действий для метода снижения концентрации индикаторного газа

Этап	Действие
1	Измерение и введение индикаторного газа
2	Равномерное распределение индикаторного газа
3	Отбор проб воздуха (первичный)
4	Отбор проб воздуха не менее двух раз
5	Отбор проб воздуха (окончательный)

8.2 Метод непрерывной подачи индикаторного газа (см. рисунок 2)

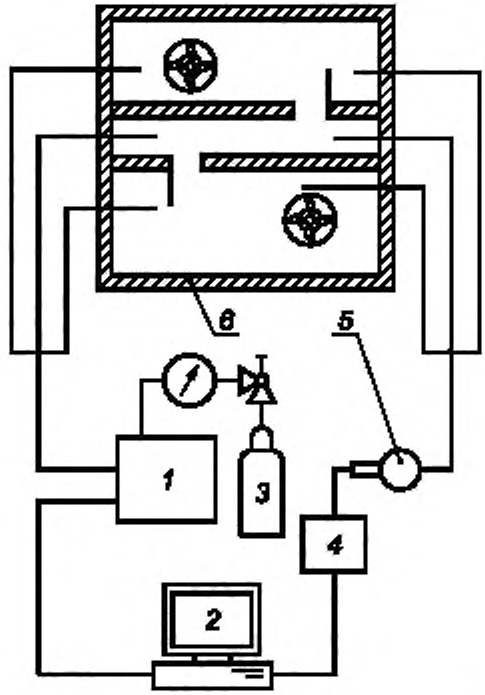
8.2.1 Вводят индикаторный газ равномерно по всему объему испытуемого объекта при фиксированной скорости подачи (с погрешностью не более ±2 %), необходимой для создания концентрации в пределах измерений газоанализатора. Распределяют индикаторный газ по объекту так, чтобы его концентрация отличалась не более чем на 10 % от среднего значения по объекту.

8.2.2 Проверяют равномерность распределения концентрации одновременно взятием проб на различных местах испытуемого объекта. Существенно важно, чтобы на момент взятия проб для измерений концентрации индикаторного газа находились в состоянии равновесия для преобладающих погодных условий, а не просто были равномерно распределены по объекту.

8.2.3 Отбирают пробы воздуха как минимум для двух фиксированных отрезков времени.

8.2.4 Дополнительно берут образцы воздуха для двух различных промежутков времени для подтверждения предположения, что скорость воздухообмена была постоянной для всего времени испытания. В противном случае выбирают период времени, для которого скорость воздухообмена была постоянной.

8.2.5 В конце этапа отбора проб снова проверяют одновременным взятием проб воздуха, чтобы концентрация индикаторного газа по всей площади участка не превышала 10 % . Измеряют и анализируют концентрации индикаторного газа в образцах, акцентируя внимание на то, чтобы концентрации оставались в пределах ± 20 % средней концентрации за время проведения испытаний.



1 — газ; *2* — обработка данных; *3* — индикаторный газ; *4* — газоанализатор; *5* — насос; *6* — исследуемый участок

Рисунок 2 — Общая схема установки метода непрерывной подачи индикаторного газа

Примечание — При использовании метода непрерывной подачи индикаторного газа для длительных испытаний проверки стабильности концентрации несущественны. Поскольку длительные испытания «разбивают» на короткие промежутки времени (например, по 30 мин) и результаты исследуют для каждого из этих периодов, становится возможным определить отклонение в изменении скорости воздухообмена (или объемного расхода) в зависимости от погодных условий и других параметров.

8.3 Метод постоянной концентрации индикаторного газа (см. рисунок 3)

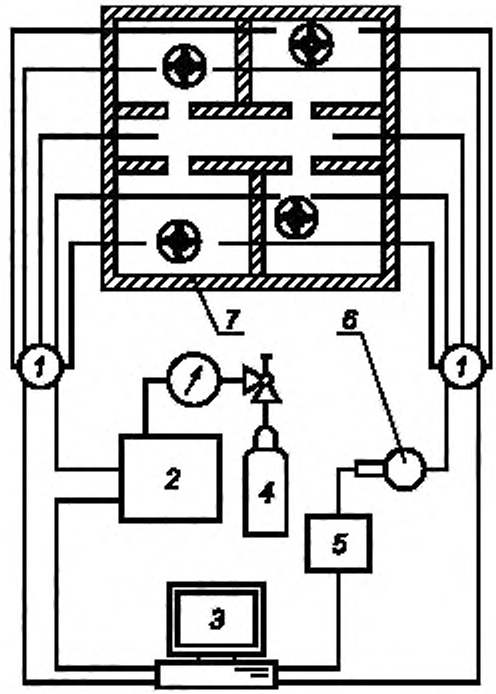
8.3.1 Индикаторный газ вводят равномерно по испытуемому объекту с известной скоростью подачи, необходимой для создания постоянной концентрации, близкой к заданной концентрации C_{targ}, значение которой находится в пределах измерения газоанализатора. Распределяют индикаторный газ по участку так, чтобы его концентрация отличалась не более чем на 10 % среднего значения по объему.

8.3.2 Проверяют равномерность распределения концентрации одновременным отбором проб на различных местах испытуемого объекта. Существенно важно, чтобы на момент отбора проб для измерений концентрация индикаторного газа установилась близкой к заданной концентрации. Пробы воздуха отбирают с периодичностью, позволяющей исследовать концентрации индикаторного газа и, основываясь на этих исследованиях, контролировать скорость подачи индикаторного газа для поддержания концентрации в пределах погрешности, не превышающей 5 % заданной величины. Успешная реализация метода базируется на условии, что объемы отобранного для проб воздуха незначительны в сравнении с общей скоростью воздухообмена.

Примечания

1 Данный метод позволяет определить суммарный объемный расход воздуха для нескольких участков, составляющих испытуемый объект.

2 Поскольку при использовании метода постоянной концентрации для длительных исследований весь период испытаний разбивают на короткие промежутки времени (например, по 30 мин) и результаты исследуют для каждого из этих периодов, становится возможным определить отклонение в изменении скорости воздухообмена (или объемного расхода) в зависимости от погодных условий и других параметров.



1 — коллектор; *2* — газ; *3* — обработка данных; *4* — индикаторный газ: *5* — газоанализатор. *6* — насос; *7* — исследуемый участок

Рисунок 3 — Общая схема метода постоянной концентрации индикаторного газа

9 Обработка результатов

9.1 Подсчет скорости воздухообмена

Вычисляют среднюю скорость воздухообмена n_{av}, определяемую методом снижения концентрации индикаторного газа по формуле

$$n_{av} = [\ln C(t_1) - \ln C(t_2)]/(t_1 - t_2), \quad (1)$$

где $C(t_1)$ — концентрация в образце, отобранном в период времени t_1;

$C(t_2)$ — концентрация в образце, отобранном в период времени t_2;

t_1 — время отбора проб, с (ч);

t_2 — время последнего отбора проб, с (ч).

Примечание — Два значения n не позволяют установить, как изменялась скорость воздухообмена за все время взятия проб в зависимости от факторов окружающей среды либо нарушений процедуры испытаний.

9.2 Испытания для постоянной скорости воздухообмена

Если концентрации были измерены в промежутке между первым и последним отборами проб, то строят на графике зависимость $\ln C(t)$ от t и проводят регрессивный анализ при помощи уравнения (2)

(см. также В.1 приложения В) для проверки предположения о том, что скорость воздухообмена была постоянной на всем периоде проведения испытаний:

$$\ln C(t) = -nt + \ln C(0), \quad (2)$$

где $C(t)$ — концентрация в образце, отобранном в период времени t;

t — время отбора проб, с (ч);

$C(0)$ — концентрация в образце, отобранном в начале отсчета.

9.3 Расчет объемного расхода из постоянного расхода индикаторного газа

Вычисляют средний объемный расход воздуха V_{av}, м^3/с, определяемый методом непрерывной подачи по формуле

$$V_{av} = V_{tra}\,[1/C]_{av} - [V_{zone}/(t_2 - t_1)][\bar{C}_2/\bar{C}_1], \quad (3)$$

где V_{tra} — скорость подачи (объемный расход) индикаторного газа, м^3/с.

$$[1/C]_{av} = (1/C_1 + 1/C_2 + \ldots + 1/C_k)/k,$$

где $[1/C]_{av}$ — среднее значение показателя, обратного концентрации проб, взятых k-е число раз в различное время;

$\bar{C}_1$ — усредненная по объему концентрация на начало исследований;

$\bar{C}_2$ — усредненная по объему концентрация на конец исследований;

t_1 — время начала исследований, с (ч);

t_2 — время конца исследований, с (ч);

k — число взятых проб;

V_{zone} — объем участка, м^3.

Примечание — Два значения n не позволяют установить, как изменялась скорость воздухообмена за все время взятия проб в зависимости от факторов окружающей среды либо нарушений процедуры испытаний.

9.4 Подтверждение постоянного объемного расхода воздуха

Для подтверждения предположения о том, что объемный расход воздуха V_{air} был постоянным для всего времени испытаний, рассчитывают V_{air} с доверительным интервалом (см. В.2 приложения В), используя различные значения C в уравнении

$$V_{air}(t) = V_{tra}/C(t). \quad (4)$$

9.5 Расчет объемного расхода из постоянной концентрации индикаторного газа

Для подтверждения того, что оценка отклонения от нормы s значения $C(t)$ для всего периода измерений не превышает 10 % среднего значения, рассчитывают средний объемный расход воздуха $V_{av}(t)$, определяемый методом постоянной концентрации по формуле

$$V_{av}(t) = \sum_{t=t_1}^{t_2}\sum_{i=1}^{N} V_{tra}(t,i) / \sum_{t=t_1}^{t_2} C(t), \quad (5)$$

где $V_{tra}(t, i)$ — объемный расход индикаторного газа в месте i в момент времени t, м^3/с;

$C(t)$ — усредненная по объему концентрация в момент времени t;

i — указывает место взятия пробы;

t — время взятия пробы, с (ч);

N — число точек измерения на объекте.

При сохранении значения $C(t)$ в пределах ± 2 % заданного значения концентрации C_{targ}, вычисляют средний объемный расход $V_{av}(t)$ для всего периода измерений, по формуле:

$$V_{av}(t) = \left[\sum_{i=1}^{N} V_{tra}(i)\right] / C_{targ}\,. \quad (6)$$

9.6 Методы снижения концентрации, непрерывной подачи и постоянной концентрации индикаторного газа используются для измерения воздухообмена в зданиях. Ниже приведены следующие рекомендации по применению этих методов:

а) метод снижения концентрации — это простой способ точечных измерений скорости воздухообмена при помощи относительно несложного оборудования;

б) методы непрерывной подачи и постоянной концентрации могут быть использованы для точечных измерений с целью определения объемного расхода воздуха, но больше подходят для длительных измерений (более нескольких часов или дней), при которых исследуют колебания скорости воздухообмена или объема расхода во времени, например, колебания в зависимости от погодных явлений;

в) если конфигурация участка не позволяет поддерживать постоянную концентрацию для выбранных методов снижения концентрации или непрерывной подачи газа, то в этом случае выбирают метод постоянной концентрации газа с автоматической системой подачи индикаторного газа и отбора проб.

10 Оценка погрешности испытаний и измерений

Если вышеприведенные процедуры выполняются и при этом соблюдаются все требования, предъявленные к примененным испытательным методам, то скорость потока воздуха или воздухообмена внутри зоны определяют в пределах ± 10 % своего действительного значения. На точность и разброс в различных измерениях этих методов могут повлиять:

а) процедуры введения и распределения индикаторного газа;

б) отбор проб индикаторного газа и их хранение;

в) изменения направления и скорости ветра, температурного и технологического внутреннего режимов;

г) определение концентрации индикаторного газа.

В приложениях А—Г представлена информация о точности газоанализаторов индикаторного газа, калибровке газоанализаторов, доверительных интервалах для методов испытаний и распространении погрешностей во время анализа при данных испытательных методах.

11 Отчет об испытании

Отчет об испытании должен содержать:

а) данные, необходимые для идентификации исследованного здания и описания зон испытаний;

б) условия испытаний и применяемые приборы;

в) собранные данные и результаты расчетов;

г) дату проведения испытаний.

Подробная информация о каждом пункте может быть включена в отчет, учитывая информацию, приведенную в приложении Е.

12 Требования безопасности

12.1 При проведении испытаний с электрическим вентилятором, электронасосом следует соблюдать требования безопасности по ГОСТ 12.2.007.1.

12.2 При включенном моторе не следует находиться в зоне воздуха около вентилятора.

Приложение А
(справочное)

Точность измерения газоанализатора

А.1 Отклонение при нулевой концентрации

Предел точности большинства анализаторов не позволяет зафиксировать разницу между нулевым и малым значениями концентрации индикаторного газа. Прибор показывает отклонение при нулевой концентрации ε_0. Все концентрации, измеряемые описанными методами, должны удовлетворять условию $C > 20\varepsilon_0$.

А.2 Отклонения при регистрации концентраций

Реакция газоанализатора на образец с известной концентрацией индикаторного газа может варьироваться во времени. Этот эффект должен быть учтен при калибровке. Если влияние определено как существенное, соответствующие проверки и поправки должны быть приведены и для испытаний. В этих целях:

- должно быть определено время, необходимое для регистрации изменения заданного значения индикаторного газа или чистого воздуха на 5 %;
- это время должно использоваться как максимальный интервал для перепроверки реакции на калибровочное значение концентрации индикаторного газа;
- все изменения концентраций индикаторного газа должны быть скорректированы.

В рекомендованных стандартом методах испытаний не должны проводиться измерения, для которых нескорректированное отклонение превышает 5 %.

А.3 Отклонение реакции анализатора

Реакция газоанализатора на различные концентрации индикаторного газа обычно предполагается зависящей от эмпирического соотношения, например, линейного или логарифмического, основанного на конечном числе отдельных калибровочных концентраций. Пределы, в которых реакция газоанализатора отличается от эмпирической модели, являются погрешностью датчика ε_{def}; это значение является функцией от концентрации C. Для данных испытаний рекомендованное значение $\varepsilon_{def} < 0{,}05C$ для всех значений C в используемом диапазоне.

А.4 Ожидаемая погрешность газоанализатора

Должны быть проведены, как минимум, следующие действия для максимального и минимального из ожидаемых значений концентрации. Должны быть определены значения отклонений не менее чем для $N = 10$ повторных измерений одной концентрации индикаторного газа, где N — число образцов индикаторного газа. Должно быть подсчитано стандартное отклонение концентрации C в образце при повторных измерениях s_c и подсчитаны коэффициенты отклонения ($v_c = s_c/C$). Наибольшее из этих значений принимается как погрешность газоанализатора v_{GA}

А.5 Определение числа необходимых повторных измерений

Для измерения одной концентрации газоанализатором должно быть определено N_{rep} повторных проб по формуле

$$N_{rep} = \sqrt{\left[t^2 (N - 1{,}95\ \%) v_{GA}^2\right] / d^2}\ , \qquad (А.1)$$

где t — значение из таблицы t-распределений;

N — число проб;

v_{GA} — погрешность газоанализатора.

В методах испытаний, рекомендованных настоящим стандартом, как предпочитаемую точность измерений следует использовать значение $d = 0{,}05$. Значение N_{rep} в формуле (А.1) должно быть округлено в большую сторону до целого числа.

Приложение Б
(справочное)

Калибровка газоанализатора

Б.1 Применимость

Некоторые газоанализаторы, включая многие газохроматографы, поддерживают принципы работы, представленные в настоящем приложении. Другие газоанализаторы могут поддерживать аналогичные принципы работы.

Б.2 Краткий обзор принципов калибровки

Газоанализатор должен быть откалиброван с использованием не менее трех (и предпочтительнее более трех концентраций) индикаторного газа, которые находятся в диапазоне значений, используемых при испытаниях. Для метода снижения концентрации газа измерения должны быть точными только относительно друг друга. Для методов постоянной концентрации и непрерывной подачи точность измерения оценивается с использованием показателей калибровки, полученных в лабораторных и полевых условиях.

Б.3 Частота калибровки

Калибровка в полевых условиях должна проводиться после каждого перемещения газоанализатора, перед анализом образцов — при использовании метода непрерывной подачи и, как минимум, до и после анализа образцов — при методе постоянной концентрации.

Калибровка в лабораторных условиях должна проводиться ежегодно, после каждого техобслуживания, которое могло повлиять на калибровку прибора, либо в любое время, если калибровка в полевых условиях выявляет значительные отклонения.

Б.4 Нормативные пробы, концентрации индикаторного газа

Нормативные пробы индикаторного газа должны иметь 95 %-ную вероятность того, что концентрация газа в них находится в пределах доверительного интервала ± 3 % заданной концентрации.

Б.5 Калибровка в лабораторных условиях

Следует использовать две нормативные пробы — одну с концентрацией у верхней границы и вторую — с концентрацией посередине диапазона, исследуемые при измерениях концентраций. Для смешения должен использоваться чистый воздух. Фоновый уровень индикаторного газа в этом воздухе должен быть определен. Должно быть зафиксировано не менее пяти показаний газоанализатора для каждого из трех последовательных смешений каждой из нормативных проб. Смешения происходят в следующем порядке: 1 часть нормативной пробы, 1 часть нормативной пробы и 1 часть чистого воздуха, 1 часть нормативной пробы и 3 части чистого воздуха. Должен быть проведен регрессивный анализ по формуле (2). Ожидаемые отклонения от среднего значения для всех образцов, отобранных из первоначальной нормативной пробы, должны быть зафиксированы. Также должны быть зафиксированы ожидаемые отклонения от среднего значения для образцов, отобранных из смешенных нормативных проб для каждого уровня разбавленности.

Б.6 Калибровка в полевых условиях

Должна быть использована одна нормативная проба с концентрацией у верхней границы используемого диапазона значений. Сначала фоновый уровень содержания индикаторного газа в воздухе будет использован для смешения тестируемой нормативной пробой. Должно быть зафиксировано не менее трех показаний газоанализатора для каждого из трех последовательных смешений каждой из нормативных проб. Смешения происходят в следующем порядке: 1 часть нормативной пробы, 1 часть нормативной пробы и 1 часть воздуха, 1 часть нормативной пробы и 3 части воздуха.

Показания, противоречащие калибровочной кривой, поставляемой производителем, должны быть сопоставлены. Должен быть проведен регрессивный анализ данных методом, аналогичным используемому в уравнении (2). Если полученная регрессивная кривая находится вне 95 %-ного доверительного интервала для данной калибровки, то следует провести лабораторную калибровку.

Приложение В
(справочное)

Доверительные интервалы

В.1 Метод снижения концентрации

Следующие процедуры регрессивным способом статически определяют степень достоверности скорости воздухообмена n как постоянное значение. E_n — ожидаемая погрешность, n — определяется по формуле (В.1):

$$E_n = s / \sqrt{\sum_{i=1}^{k} (t_i - t)}\ ; \tag{В.1}$$

$$s^2 = [\Sigma(Y_i - Y_1)^2]/(k-2), \tag{В.2}$$

где Y — значение ln C_i;

Y_1 — ожидаемое значение ln C_i;

t_1 — момент времени, с(ч);

t — среднее время измерения;

k — чило взятых проб.

Границы доверительного интервала F_n для интервала n, k точек классификации и желаемой вероятностью 100 $(1 - \alpha)$ % подсчитываются при помощи таблицы t-распределения и уравнения

$$F_n(t) = n \pm E_n \cdot t(k-2, 1-\alpha), \tag{В.3}$$

где t — значение, полученное из таблицы t-распределений;

$(1 - \alpha)$ — уровень достоверности значения n;

k — число взятых проб.

В.2 Метод непрерывной подачи

Следующие процедуры статистически определяют степень достоверности предполагаемого постоянного значения V.

Ожидаемое отклонение C должно быть определено по формуле

$$s^2 = \left[k \sum_{i=1}^{k} C_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{k} C_i \right) \right] / k(k-1)\,. \tag{В.4}$$

Должны быть выбраны степени достоверности при α и $(1 - \alpha)$, например, 0,05 и 0,95. Верхний и нижний пределы C должны быть подсчитаны при t $(k - 2,1 - \alpha)$ и среднем значении C по формулам (В.5) и (В.6):

$$C_{up} = \overline{C} + t(k-1,1-\alpha)\ (s/\sqrt{k}\ ), \tag{В.5}$$

$$C_{low} = \overline{C} - t(k-1,1-\alpha)\ (s/\sqrt{k}\ ), \tag{В.6}$$

где $\overline{C}$ — усредненное по времени значение концентрации;

$(1 - \alpha)$ — уровень достоверности значения C.

При предположенном равновесии концентрации индикаторного газа и не принимаемом в расчет отклонении V_{tra} соответствующие значения пределов для V, найденного по формуле (6), будут следующими:

$$V_{up} = V_{tra}/C_{up}; \tag{В.7}$$

$$V_{low} = V_{tra}/C_{low}. \tag{В.8}$$

В.3 Метод постоянной концентрации

Этот метод предусматривает встроенные датчики отклонений и точности вычислений. Поскольку значения C_{targ} является искомым, то это значение может быть сравнимо с C для изображения отклонения. Точность значения C может быть оценена подсчетом ожидаемого отклонения C по формуле (В.4). Должны быть выбраны степени достоверности при α и $(1 - \alpha)$, например 0,05 и 0,95. Верхний и нижний пределы C должны быть подсчитаны при t $(n - 2,1 - \alpha)$ и среднем значении C по формулам (В.5) и (В.6).

Анализ доверительных интервалов при V для любого из отверстий зависит от алгоритма, выражающего зависимость $C(t)$ от V_{tra}.

Приложение Г
(справочное)

Оценка погрешности при анализе

Г.1 Метод снижения концентрации

Для нестационарных условий, расхождение s_n^2 и n должно рассчитываться по формуле

$$s_n^2 = [1/(t_2 - t_1)]\,[s_c^2(t_2)/C(t_2)^2 + s_c^2(t_1)/C(t_1)^2], \quad (Г.1)$$

где $C(t_1)$ — концентрация в образце, взятом в момент времени t_1;

$C(t_2)$ — концентрация в образце, взятом в момент времени t_2;

t_1 — время взятия первой пробы, с (ч);

t_2 — время взятия последней пробы, с (ч).

В случае регрессии следует использовать формулу (В.3).

Г.2 Метод непрерывной подачи

Выражение погрешности:

$$(s_V^2/V^2) = (s^2 V_{tra}/V_{tra}^2) + (s_c^2/C^2)\{\alpha^2 + [2V^2/(t_2 - t_1)^2 V^2]\}, \quad (Г.2)$$

где

$$\alpha^2 = V_{ar}\,(1/C)/[s_c(\overline{C}/C)_{av}]^2 = V_{ar}(1/C)/s_c^2, \quad (Г.3)$$

$$V_{ar}\,(f) = \left[1/(t_2 - t_1)\right]\int_1^2 \left[f(t) - f\right]^2 dt, \quad (Г.4)$$

где $\underline{C}$ — усредненная по объему концентрация индикаторного газа;

$\overline{C}$ — усредненная по времени концентрация индикаторного газа, деленная на усредненную по объему концентрацию, в любой момент времени;

f — переменная, демонстрирующая функцию $V_{ar}(f)$.

При постоянном объемном расходе воздуха следует использовать уравнения (В.7) и (В.8).

Г.3 Метод постоянной концентрации

Выражение погрешности в общем виде:

$$(s_V^2/V^2) = (s^2 V_{tra}^2/V_{tra}^2) + (s_c^2/C^2)\{\alpha^2 + [2V^2/(t_2 - t_1)^2 V^2]\}, \quad (Г.5)$$

где

$$\alpha^2 = V_{ar}\,(1/C)/[s_c(\overline{C}/C)_{twt\,av}]^2 = V_{ar\,twt}\,(1/C)/s_c{}^2, \quad (Г.6)$$

$$V_{ar\,twt}\,(f) = [1/V_{tra}(t_2 - t_1)]\,f_1^{f2}(t) - f]^2 dt, \quad (Г.7)$$

$$V_{tra}(t_2, t_1) = f_{t1}^{f2}\,V_{tra}(t)dt, \quad (Г.8)$$

где $\underline{C}$ — усредненная по объему концентрация индикаторного газа;

$\overline{C}/C$ — усредненная по времени концентрация индикаторного газа, разделенная на усредненную по объему концентрацию, в любой момент времени;

f — переменная, демонстрирующая функцию $V_{ar}(f)$;

$V_{tra}(t_2, t_1)$ — объем индикаторного газа, введенного за промежуток времени между t_1 и t_2;

twt — показатель динамической нагрузки в соответствии с расходом газа.

Приложение Д
(справочное)

Типы индикаторного газа

Таблица Д.1 — Типы индикаторного газа

Тип газа	Гелий He	Двуокись углерода (углекислый газ) CO_2 ГОСТ 8050		Гексафорид серы SF_6	Закись азота N_2O
Измерительный прибор	Газохроматограф	Инфракрасный газоанализатор	Газохроматограф	Газохроматограф	Инфракрасный газоанализатор
Пределы измерений	$300 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$70 \cdot 10^{-6}$	$0{,}001 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$
Допустимые концентрации	—	$5000 \cdot 10^{-6}$		$1000 \cdot 10^{-6}$	5 %
Плотность, кг/м^3	0,138	1,545		5,302	1,53

Примечания

1 Гелий с научной точки зрения стабилен.

2 CO_2 растворим в воде и не подходит для точных измерений, так как поглощается материалами, фурнитурой и т. д. Тем не менее, CO_2 часто используется в случаях, когда точность измерений несущественна, поскольку этот газ удобен в эксплуатации и при оценке результатов. Если в исследуемом помещении находится человек, то измерения не могут быть проведены, поскольку человек выделяет CO_2.

3 Чистый SF_6 — это инертный газ, однако он выделяет ядовитые составляющие при температуре 500 °С.

4 N_2O растворим в воде, выделяет кислород при нагревании до 250 °С.

Приложение Е
(справочное)

Перечень необходимой информации в отчете об испытаниях

В отчете об испытаниях должна содержаться следующая информация:

а) все подробности о техническом состоянии испытуемого объекта в частности, описание здания или помещения:

- информация о здании: тип здания, адрес, предназначение, габариты, конструкция стен, окон, дверей, покрытия, фундамента, общая высота помещений и другие важные сведения о параметрах строения (включая фотографии),
- описание местности: план местности с набросками строений, дорог, газонов, существенных препятствий потоку ветра, ориентация помещений и расположение метеорологической станции,
- описание испытываемого объекта (помещения, группы помещений, всего здания), план и детальный эскиз объекта, объем объекта;

б) подробная информация об отопительной и вентиляционной системах:

- отопительная система, вентиляционная, система кондиционирования: тип, проектная мощность, метод вентиляции,
- механическая вентиляция: тип, число устройств, производительность, расположение вентиляторов,
- пассивная вентиляция: тип, размеры, число и расположение дверей, окон, вентиляционных шахт, дымоходов, других проемов пассивной вентиляции,
- тип, число, размеры и расположение внешних воздухозаборников и воздуховодов,
- неплотности в наружных ограждениях: любые очевидные места либо те, которые были определены инфракрасным сканированием;

в) условия испытаний и измерительные приборы:

- назначение испытаний,
- метод испытаний: снижение концентрации, непрерывной подачи, постоянной концентрации индикаторного газа,
- распределение индикаторного газа: тип газа, метод подачи, объем первоначального введения, расположение мест введения, начальная концентрация, измерительная система, скорость введения, заданная (целевая) концентрация, метод распределения газа,
- отбор проб индикаторного газа: расположение точек проб, метод усредненных испытаний, интервал взятия проб, начальное время взятия проб, метод взятия проб, метод испытаний на снижение концентрации на объекте и система отбора проб,
- газоанализатор: тип анализатора, дата, метод и результаты его калибровки,
- сбор и контроль данных: вид собираемых и фиксируемых данных; для метода постоянной концентрации — указание типа оборудования и алгоритма контроля,
- вспомогательные измерения: метод, использованный для получения информации о температуре внутри и снаружи помещения, скорости и направлении ветра, и другие метеорологические наблюдения; высота и расположение анемометров; способы измерения других явлений;

г) собранные данные и результаты:

- регистрация введения индикаторного газа: время, место и количество,
- регистрация концентрации индикаторного газа: время, место и концентрация в образце, взятом для тестов, равномерность распределения, равновесие, воздухообмен,
- расчеты воздухообмена: тип расчетов, время проведения расчетов, расчет n или V из данных о концентрации и введении индикаторного газа,
- вспомогательная информация: скорость и направление ветра, температура внутри и снаружи помещений;

д) дата проведения испытаний:

период испытаний с описанием условий внутри и снаружи помещения на начало и конец испытаний.

Библиография

[1] СНиП 23-02—2003 Тепловая защита зданий

УДК 697.1:006.354 ОКС 91.120.10

Ключевые слова: метод определения воздухообменных характеристик; индикаторный газ; отапливаемое здание; здания жилые, общественные, административные, бытовые; строения, сооружения; помещения; группа помещений; концентрация газа; газоанализатор; кратность воздухообмена

Редактор *Ю.А. Расторгуева*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.С. Кабашова*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 26.11.2019. Подписано в печать 05.12.2019. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,52
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