

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКИЙ ИНСТИТУТ**

---

---

**(ФИЛИАЛ) ФГАОУ ВО  
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

---

---

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС  
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ  
КОНСТРУКЦИЙ НА ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Набережные Челны  
2018

Печатается в соответствии с решением учебно-методической комиссии отделения энергетики и информатизации НЧИ К(П)ФУ

**Саубанов Р.Р. Автоматизированный комплекс диагностирования ограждающих конструкций на воздухопроницаемость:** учебно-методическое пособие / Р.Р. Саубанов, В.В. Звездин, Р.Р. Рахимов. - Наб. Челны: Издат. - полиграфический центр Набережночелнинского института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет». 2018. - 32с.: ил.: 11. Табл. 3. Библиогр.: 4 назв.

Рецензент: Игтисамов Р.С., к.т.н. (доцент) кафедры технологии строительства и управления недвижимостью инженерно-строительного отделения НЧИ (филиала) КФУ.

Учебно-методическое пособие «Автоматизированный комплекс диагностирования ограждающих конструкций на воздухопроницаемость» предназначены для выполнения лабораторных работ студентами по дисциплинам «Диагностика, ремонт, монтаж и сервисное оборудование», «Системы кондиционирования и вентиляции воздуха», «Системы кондиционирования воздуха» для направления подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения, 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». Пособие включает в себя выполнение слушателями ряда инструментальных обследований зданий и сооружений.

© Набережночелнинский  
институт (филиал)  
К(П)ФУ

# **ОБСЛЕДОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ**

Инструментальные обследования подразумевают использование автоматизированного комплекса, позволяющего провести диагностику текущего потребления энергетических ресурсов и режимов работы энергопотребляющих установок.

Цель работы: изучить устройство системы измерения воздухопроницаемости и принцип её работы, провести измерения расхода воздуха и определить площадь дефектов.

План лабораторной работы:

1. Задание к лабораторной работе.
2. Нормативные документы.
3. Состав и характеристики автоматизированной установки «Аэродверь».
4. Работа с автоматизированной установкой «Аэродверь», меры безопасности, возможные проблемы.
5. Выбор помещений для испытания
6. Порядок установки аппаратуры и оборудования
7. Обработка результатов измерений.
8. Рекомендации по снижению воздухопроницаемости оболочки здания при проектировании и строительстве

## **1. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ**

Выполнить установку системы измерения воздухопроницаемости в дверной проём макета здания. Провести испытание и определить площадь неплотностей.

## **2. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ**

В этом разделе собраны нормативные документы, в которых устанавливаются требования к параметрам воздухообмена и методам контроля воздухопроницаемости и кратности воздухообмена.

### **Отечественные нормы:**

**1) СП 50.13330.2012** «Тепловая защита зданий». Статус: действующий. Введен с 01.07.2013 г.

Наряду с другими показателями устанавливает требования к воздухопроницаемости ограждающих конструкций и помещений зданий. СНиП ориентирован на стадию проектирования.

Воздухопроницаемости посвящена глава 7 «Воздухопроницаемость ограждающих конструкций». Приведены таблицы со значениями нормируемой воздухопроницаемости стен, дверей, окон и других элементов. Дана схема расчета минимально допустимого значения сопротивления воздухопроницанию элементов оболочки здания. К практике контроля зданий относится требование к результирующей воздухопроницаемости, которая должна обеспечивать при испытательном давлении 50 Па для помещений с естественной вентиляцией кратность воздухообмена не более 4 объемов в час, для помещений с принудительной вентиляцией кратность воздухообмена не более 2 объемов в час.

Также установлено требование при приемке зданий в эксплуатацию осуществлять выборочный контроль кратности воздухообмена в 2-3 помещениях (квартирах) или в здании при разности давлений 50 Па согласно ГОСТ 31167-2009 «ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ», при несоответствии данным нормам требуется принимать меры по снижению воздухопроницаемости ограждающих конструкций по всему зданию.

В приложениях приведены расчеты удельного расхода тепловой энергии на отопление жилых и общественных зданий за отопительный период.

Одним из компонентов рассчитывают среднюю кратность воздухообмена здания за отопительный период.

Расчет дает проектные показатели, так как за исходные данные берут нормативное значение количества приточного воздуха в здание.

В форме для заполнения энергетического паспорта проекта здания (приложение «Д») предусмотрена графа для указания величины кратности воздухообмена здания.

**2) ГОСТ 31167-2009** «Здания и сооружения» методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях. Статус действующий. Введен с 01.03.2011 г.

Настоящий стандарт устанавливает метод определения воздухопроницаемости в натуральных условиях ограждающих конструкций помещений, в том числе квартир, групп помещений жилых, общественных, административных, бытовых, сельскохозяйственных, вспомогательных зданий и сооружений, а также зданий в целом.

**3) ГОСТ Р 52539-2006** «Чистота воздуха в лечебных учреждениях». Статус: действующий. Введен с 01.01.2007 г.

**4) СП 60.13330.2012** «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». Статус: действующий. Введен с 01.12.2013 г.

**5) ГОСТ Р 54857-2011** «Здания и сооружения» определение кратности воздухообмена помещений методом индикаторного газа. Статус: действующий. Введен с 15.12.2011 г.

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

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

### **Зарубежные нормы:**

#### **1) DIN 4108-7:2011 «Воздухоизоляция в зданиях».**

Требования, рекомендации и примеры планирования и исполнения. Статус: действующий. Введен с января 2012 г.

Этот документ относится к семейству DIN 4108, посвященному теплозащите, влагозащите, воздухопроницаемости и мостикам холода. Сведения о воздухопроницаемости, а также накопленный опыт в этой области были переведены в правовое поле в Германии еще в 1995 г. С того момента вышло несколько редакций норм.

DIN 4108-7 устанавливает нормативные значения кратности воздухообмена  $n_{50}$  (при перепаде давления 50 Па) в различных зданиях.

#### **2) EN 13829:2000 «Определение воздухопроницаемости зданий».** Метод нагнетания воздуха вентилятором. Статус: действующий: Введен с ноября 2000 г.

#### **3) GA P50-784-2010** Руководство по применению EN 13829-2001 Статус: действующий Введен с февраля 2010 г.

#### **4) ISO 9972:2006 «Определение воздухопроницаемости зданий».** Метод нагнетания воздуха вентилятором. Статус: действующий. Введен с мая 2006 г.

#### **5) EN ISO 13790:2008 «Расчет потребления энергии для отопления и охлаждения помещений».** Статус: действующий. Введен с 01.03.2008 г.

В стандарте описано тепловое поведение зданий и представлены рекомендации по проектированию и испытаниям, а также методы расчета потребления энергии, тепловых потерь, теплопередачи, температуры.

### **3. СОСТАВ И ХАРАКТЕРИСТИКИ «АЭРОДВЕРЬ» BLOWER DOOR MODELL 4.1**

Использование цифрового прибора измерения давления DG-700 и программного обеспечения TESTITE Express, позволяет производить автоматизированное определение воздухопроницаемости с исключительной точностью.

Управление вентилятором происходит полностью автоматизировано при помощи компьютера или, при проведении точечной проверки, непосредственно прибором DG-700 (функция «КРУИЗ-КОНТРОЛЬ»). Для обнаружения и устранения утечек предусмотрено создание постоянной разности давления на ограждающих конструкциях проверяемого объекта. Это достигается автоматическим регулированием числа оборотов вентилятора в соответствии с изменяющимися условиями.

Каждое изменение кратности воздухообмена  $n_{50}$  сразу выводятся на экран ноутбука. Предписанные нормативами серии измерений при проведении BlowerDoor теста происходят под управлением компьютера с программным обеспечением TESTITE Express.

Полученные в ходе испытания данные переносятся для последующей обработки в стандартный протокол испытания, включающий анкету объекта и обобщенные данные BlowerDoor теста согласно нормам DIN EN 13829. Форма выдаваемого порезультатам испытания сертификата может индивидуально изменяться в Excel.

При проведении BlowerDoor теста без применения компьютера, считанные с DG-700, данные позже вносятся в программу TESTITE Express вручную. Также можно считывать показания реального расхода воздуха при 50 Па и естественном перепаде давления. С ним вы можете проверить функционирование вытяжной вентиляции, провести быстрый тест вентиляционной системы с рекуперацией тепла и измерить поток воздуха в вытяжных каналах с помощью LuftstromBox. Технические характеристики автоматизированного комплекса представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики BlowerDoor

Производительность	19 м <sup>3</sup> /ч – 7.200 м <sup>3</sup> /ч при разнице давления 50 Па
Электропитание	230 вольт, 50 Гц,
Потребляемая мощность	< 600 Вт
Потребляемый ток	< 4,5 А
Точность измерения при открытом вентиляторе:	
с насадками А — С	(Объемный расход 80 — 7.200 м <sup>3</sup> /ч) ± 4%,
с насадками D — E	(Объемный расход 19 — 80 м <sup>3</sup> /ч) ± 5% или 1,7 м <sup>3</sup> /ч (учитывается большее значение)
Раздвижная рама	Размеры, вкл. 2 распорки от 0,71 x 1,32 м до 1,14 x 2,43 м
Воздухонепроницаемое полотно	с одним отверстием и смотровым окном
Цифровой прибор измерения давления	с двухканальным измерением перепадов давления и функцией круиз-контроля
Диапазон измерений	-1.250 Па — +1.250 Па
Разрешение	0,1 Па
Точность	± 1% результата или 0,15 Па (учитывается большее значение)
Автоматическое обнуление	каждые 10 сек
Показание перепада давлений	раздельное для каждого канала
Показание объемного расхода воздуха	совместимо с Minneapolis BlowerDoor вентиляторами моделей 4 и 3
Единицы измерения	м <sup>3</sup> /ч, л/с
Вычисление среднего значения синтервалом	в 1 секунду, 5 секунд, 10 секунд или долговременное среднее значение

Рабочая температура	от 0°C до 50°C
Программное обеспечение	ТЕСТИТЕ Express
Системные требования	WIN XP и Excel 2000 и выше

В комбинации с BlowerDoorStandard и измерительным устройством *a-Wert* может определить кроме того воздухопроницаемость швов и окон. Результаты можно проанализировать согласно DIN EN 12207.



Рисунок 1 – Комплектность BlowerDoorStandard

Важнейшие функции:

- Автоматизированный процесс испытания;
- Ввод параметров здания в режиме меню;
- Автоматический вывод прибора измерения давления на нуль;
- Автоматическое определение естественного перепада давления;
- Определение мест утечек при определенном стабильном перепаде давления;
- Функция «КРУИЗ-КОНТРОЛЬ» для проведения точечной проверки без ноутбука;
- Результаты испытания и протокол доступны сразу после проведения;
- Индивидуальная настройка параметров измерений;
- Автоматическое отключение при достижении предельного давления.

#### **4. РАБОТА С АЭРОДВЕРЬЮ: МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПРОБЛЕМЫ**

В этом разделе собраны и систематизированы основные правила безопасности при проведении испытаний на воздухопроницаемость зданий с помощью аэродверей. Здесь также найдете советы по предотвращению вероятных проблем при проведении измерения воздухопроницаемости. Приведенные правила и рекомендации справедливы как для аэродверей небольшой мощности (Retrotec EU1000, MinneapolisBlowerDoorModel 4), так и для достаточно мощных моделей (Retrotec Q4E, Retrotec Q5E, Retrotec QMG).

Несоблюдение этих инструкций может привести к телесным повреждениям, ущербу имуществу или отказу оборудования.

Надежное крепление вентилятора и дверной панели. Перед включением вентилятора убедитесь, что дверная панель плотно встала в своё положение, а вентилятор надежно закреплен. Устанавливайте дверную панель только в те

дверные проемы, которые соответствуют по размерам габаритам панели и обеспечивают ее надежную фиксацию. При работе на высоких скоростях, вентилятор может опрокинуться или развернуться, если он не закреплён должным образом.

Перед началом работы убедитесь, что в вентилятор не попал мусор или другие предметы.

Ничего не вставляйте в вентилятор во время его работы. Избегайте контакта с подвижными частями вентилятора. Всегда держите руки, волосы и одежду вдали от работающего вентилятора. При включенном моторе не следует находиться в зоне потока воздуха около вентилятора.

Особое внимание должно быть обращено на удержание детей и домашних животных вдали от работающего вентилятора.

### **Захлопывание дверей**

Если при использовании вентилятора дверь внезапно захлопывается, резкого изменения давления может быть достаточно, чтобы повредить оболочку или выбросить вентилятор из дверной панели. Убедитесь, что зафиксировали все внутренние двери в открытом положении до запуска вентилятора. Если дверь захлопнется во время испытаний, и это остается незамеченным, то это будет влиять на точность результатов, потому что в испытании будет включено не все здание (не все помещения).

### **Надежность крепления стекол**

До проведения испытаний следует проверить надежность крепления стекол в оконных переплетах от выдавливания при изменении давления внутри помещений во время испытаний (рис. 2).



Рисунок 2 – Проверка на надежность крепления стекол в оконных переплетах от выдавливания при изменении давления внутри помещений во время испытаний

### **Надежность крепления потолка**

Также следует проверить надежность крепления подшивных или подвесных потолков и других конструкций

(рис. 3), которые могут быть повреждены при изменении давления внутри помещений.



Рисунок 3 – Проверка на надежность крепления подшивных или подвесных потолков и других конструкций от выдавливания при изменении давления внутри помещений во время испытаний

Из подвесного потолка на время испытаний удаляют несколько секций для уравнивания давлений и предотвращения повреждений.

### **Предотвращение повреждения пароизоляции и ветрозащиты**

При опасности повреждения пленок воздушного барьера стен или кровли (пароизоляция или ветрозащита) программа испытаний может быть ограничена как по направлению испытаний (только нагнетание или только понижение давления), так и по максимальным перепадам давления между помещением и окружающей средой.

## **Электробезопасность**

Установка вентилятора аэродвери, любые подключения и техническое обслуживание должны производиться только при отключенном питании.

Подключайте оборудование аэродвери к электросети только в том случае, если выделенная мощность не ниже потребляемой всем оборудованием, используемым в ходе испытаний здания на воздухопроницаемость.

Не допускается попадание влаги на контакты и элементы управления. Чтобы избежать риска от удара током, не помещайте оборудование или шнур питания в воду или другую жидкость.

Запрещается использование аэродвери во взрывоопасных помещениях и в агрессивных средах с содержанием кислот, щелочей, масел, растворителей.

Плотно вставляйте разъем питания в колодку питания на вентиляторе аэродвери. Несоблюдение этого может вызвать перегрев шнура питания и привести к повреждению вентилятора.

Не используйте незаземленные розетки или разъемы адаптера. Никогда не удаляйте или немодифицируйте контакт заземления. Не пользуйтесь устройством с поврежденным электрическим проводом или разъемом.

## **Безопасность оборудования, сжигающего топливо**

Будьте извещены обо всех возможных источниках горения на объекте. Убедитесь, что вовремя теста не будут включаться горелки и любые подобные устройства.

Выключите эти устройства. Во время теста может произойти откачка пламени из горелки или камеры сгорания, которая может быть причиной пожара и может привести к высокому уровню угарного газа в помещении.

Если на объекте обследования существуют смежные помещения с оборудованием сгорания, необходимо обеспечить его отключение и препятствовать их включению

во время теста, либонеобходимо исключить эти помещения из зон повышенного или сниженного давления приработе вентилятора (рис.4).



Рисунок 4 – Проверка на выключения отопительных устройств

### **Пепел и другие предметы в помещении**

Понижение давления в помещении заставляет воздух засасываться через щели, отверстия и каналы. Это может быть особенно неприятно при наличии камина. Если не приняты надлежащие меры, чтобы убрать или накрыть пепел, воздух, проникающий в помещение, может вынести пепел из камина в помещение.

Покройте пепел в открытых топках (например, мокрыми газетами) или проводите тест при давлении меньше 25 Па, чтобы избежать разноса пепла по помещению.

Аналогично, другие не закреплённые домашние предметы и материалы (см. рис.5) могут быть перемещены потоком воздуха, особенно если они располагаются в непосредственной близости к вентилятору. Очень легко разносятся бумаги и документы, а так же другие маленькие объекты в помещении, если не приняты меры для их защиты прежде, чем начать испытания.



Рисунок 5 – Проверка на надежность незакреплённые домашние предметы и материалы

Очень легко разносятся бумаги и документы, а так же другие маленькие объекты в помещении, если не приняты меры для их защиты прежде, чем начать испытания.

## **5. ВЫБОР ПОМЕЩЕНИЙ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ**

5.1. Помещением для испытания может быть эксплуатируемый или полностью подготовленный к сдаче в эксплуатацию индивидуальный дом или другое небольшое

(объемом не более 500 м<sup>3</sup>) здание, квартира, помещение или группа помещений в здании любого назначения, которые имеют в процессе испытания температуру внутреннего воздуха более 10 °С.

Помещение для испытания должно иметь проем (дверной или оконный), в который может быть установлена испытательная аппаратура.

5.2. В многоэтажном здании следует испытывать не менее трех квартир, в том числе одну угловую на первом или последнем этаже.

5.3. Ограждения помещения не должны иметь отверстий и щелей, свободно пропускающих воздух внутрь испытуемого объема и из него.

5.4. В испытуемое помещение не включают помещения с самостоятельной вентиляцией (котельные, гаражи).

## **6. ПОРЯДОК УСТАНОВКИ АППАРАТУРЫ И ОБОРУДОВАНИЯ**

6.1. Установка для определения воздухопроницаемости ограждений помещений должна включать в себя следующий набор оборудования и контрольно-измерительных приборов:

- воздухонепроницаемую раздвижную дверь (раму) с отверстием для вентилятора, устанавливаемую в проем ограждения испытуемого помещения, допускается иное конструктивное исполнение раздвижной двери (см. Рис. 6, 7, 9 и 10);

- вентилятор по ГОСТ 11442, ГОСТ 27925 с переменной, плавно регулируемой скоростью вращения;

- микроанометр № 1 (рисунок 8) по ГОСТ 18140 с точностью  $\pm 2$  Па со шкалой от 0 до 60 Па для измерения перепада давлений между наружным и внутренним воздухом;

- два микроанометра № 2 и № 3 (рисунок 8) по ГОСТ 18140 с точностью  $\pm 2$  Па со шкалой от 0 до 125 Па (№ 2) и от 0 до 500 Па (№ 3) для измерения перепада давлений между

внутренним (наружным) воздухом и воздухом, проходящим через кожух вентилятора;

- ртутный термометр по ГОСТ 112 с точностью  $\pm 1$  °C со шкалой от минус 50 до плюс 50 °C для измерения температуры воздуха;

- барометр или барограф по ГОСТ 6359 с диапазоном измерения атмосферного давления воздуха, характерным для района испытания;

- ручной анемометр по ГОСТ 6376 для измерения скорости ветра;

- стальную рулетку по ГОСТ 7502 для измерения внутренних размеров помещений и ограждающих конструкций.

- ртутный термометр по ГОСТ 112 с точностью  $\pm 1$  °C со шкалой от минус 50 до плюс 50 °C для измерения температуры воздуха;

- барометр или барограф по ГОСТ 6359 с диапазоном измерения атмосферного давления воздуха, характерным для района испытания;

- ручной анемометр по ГОСТ 6376 для измерения скорости ветра;

- стальную рулетку по ГОСТ 7502 для измерения внутренних размеров помещений и ограждающих конструкций.

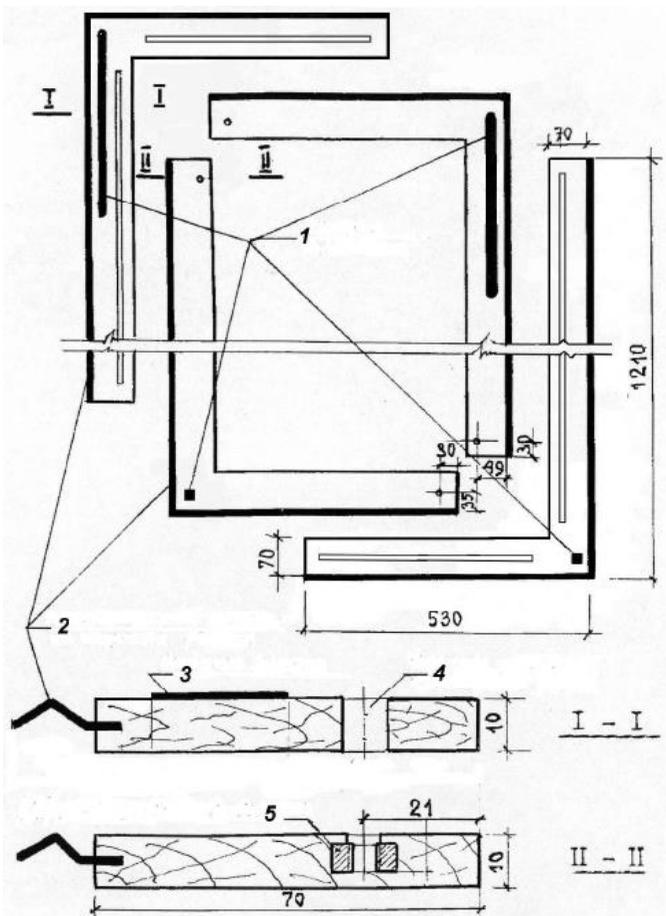


Рисунок 6 - Элементы раздвижной деревянной рамы:  
 1 – липучие элементы; 2 – уплотнительный профиль из пористой резины; 3 - липучая полоса; 4 – прорезь для стопорного болта; 5 – гайка для стопорного болта

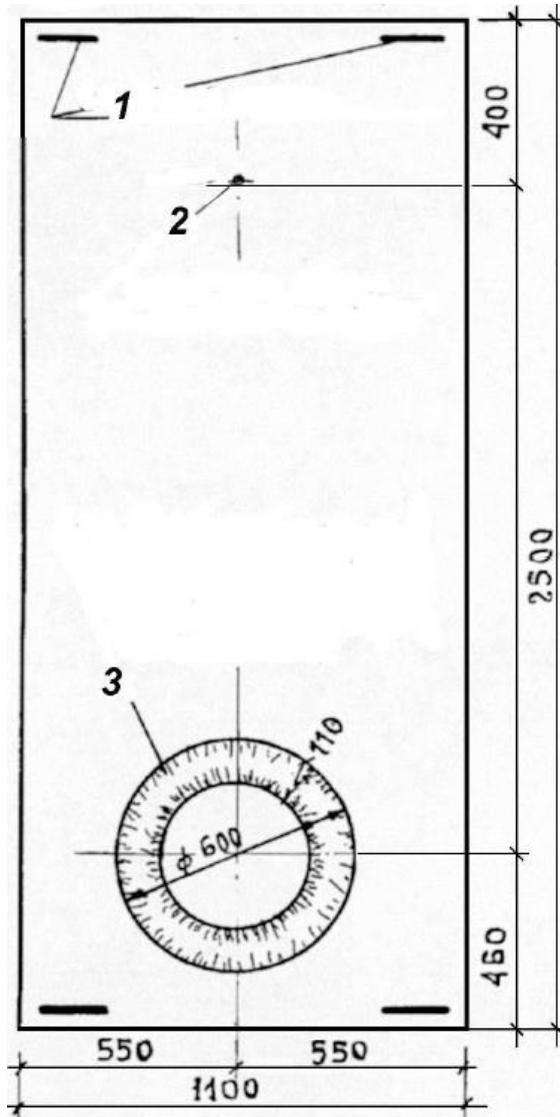
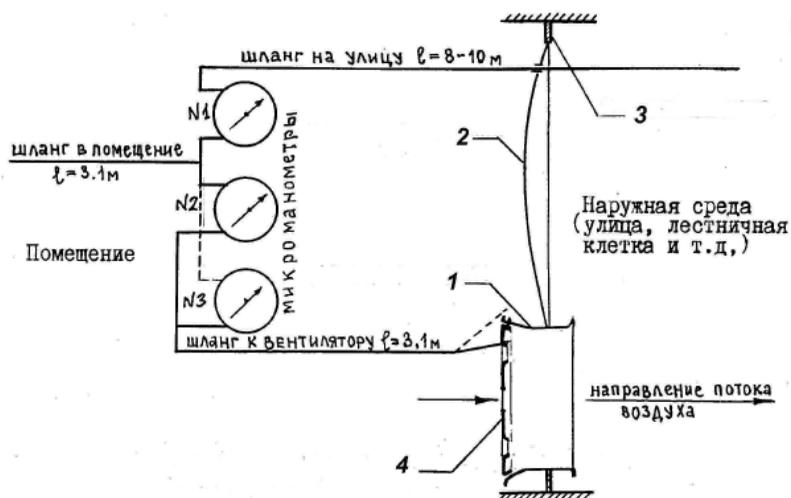
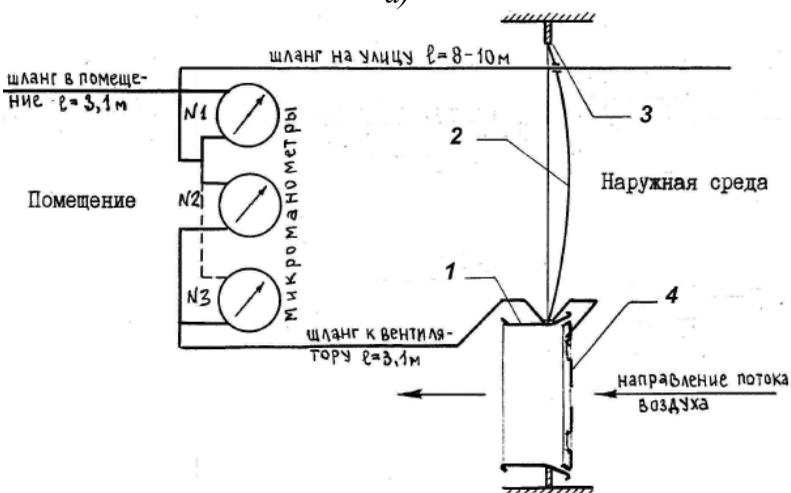


Рисунок 7 – Воздухонепроницаемое полотно:  
1 – липучие ленты; 2 – отверстие 4 мм для пропускания шланга; 3 - отверстие с фартуком для установки вентилятора (по периметру фартука закреплена стягивающая резина)



а)



б)

Рисунок 8 –Схема монтажа установки при проведении испытаний ограждений на воздухопроницаемость: а) при понижении давления; б) при повышении давления. 1 – кожух вентилятора; 2 – воздухонепроницаемое полотнище; 3 - раздвижная рама; 4 - дополнительная пластина с калиброванными отверстиями

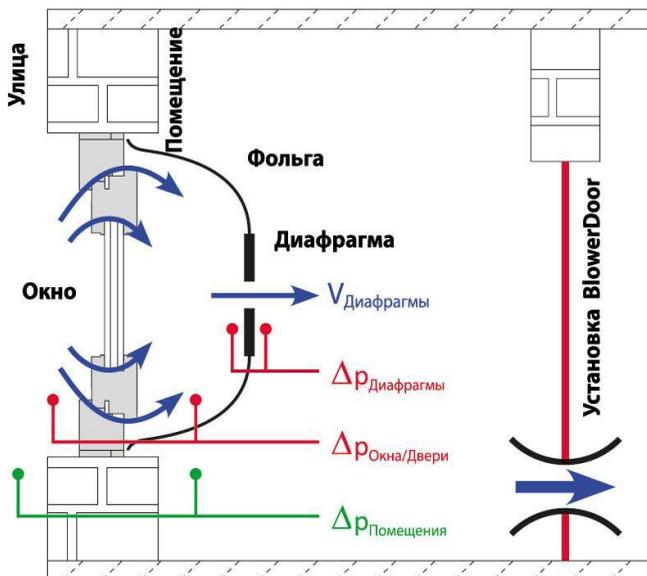


Рисунок 9 – Принцип определения воздухопроницаемости

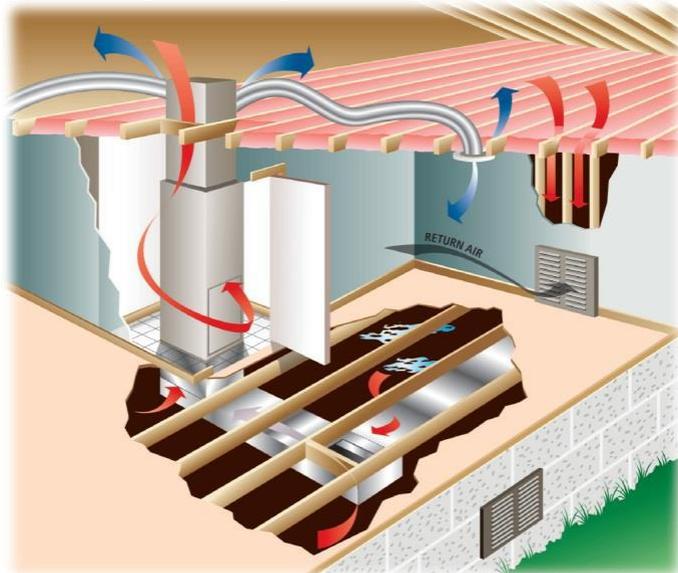


Рисунок 10 – Воздухопроницаемость через чердачную конструкцию

### **Порядок установки элементов конструкции:**

- распорная раздвижная штанга, представляющая собой две алюминиевые трубки, одна из которых - меньшего диаметра вдвинута в полость трубки большего диаметра.

Штанга снабжена стопорным винтом, который фиксирует взаимное расположение трубок, позволяя изменять длину штанги. Один конец штанги имеет резиновый наконечник, другой фторопластовую пяту, шарнирно закрепленную на торце штанги;

- трубочина для крепления панели с микроманометрами на дверном полотнище;

- гибкие шланги для измерения давления.

6.2. Раздвижная дверь (рама) состоит из воздухонепроницаемого полотнища и четырех Г-образных плоских элементов, имеющих продольные прорезы и не сквозные отверстия с резьбой, в которые введены стопорные болты с рукояткой, проходящие через прорезь другого элемента таким образом, что все элементы образуют прямоугольную раму, позволяющую изменить ее размеры для установки в различные дверные или оконные проемы. По наружному периметру рама имеет уплотнительный профиль, предотвращающий прохождение воздуха через неплотности (см. рисунок 6).

6.3. Воздухонепроницаемое полотнище из прорезиненной ткани или полимерной пленки в нижней части имеет круглое отверстие с фартуком для установки в него вентилятора (см. рисунок 7). Для обеспечения герметичного примыкания полотнища к кожуху вентилятора по периметру отверстия прикреплен фартук с резиновым жгутом, диаметр кольца которого в свободном состоянии меньше диаметра кожуха вентилятора. Верхней части полотнища имеется отверстие для пропуска шланга для измерения давления среды с противоположной стороны, где размещены микроманометры.

6.4. Вентилятор должен быть снабжен регулятором числа оборотов, позволяющим изменять скорость вращения крыльчатки, фиксировать ее на определенном уровне, и

обеспечивать производительность по воздуху от 0 до 4500 м<sup>3</sup> для создания и поддержания избыточного или пониженного давления в испытуемом объеме, и переключателем направления движения воздушного потока.

Вентилятор размещают в специальном кожухе минимальным диаметром 515 мм, имеющем гладкую внутреннюю поверхность. Если вентилятор, установленный в проем, создает разность давлений между наружной и внутренней средой менее 60 Па, то отверстие кожуха вентилятора перекрывают дополнительной пластиной в виде круглого диска с восемью отверстиями диаметром 68 мм, имеющими скругленные гладкие края в направлении движения проходящего через кожух воздуха, и центральным отверстием для охлаждения мотора вентилятора. В кожухе и в диске имеются патрубки для измерения давления внутри кожуха на входе воздушного потока.

Если и в этом случае вентилятор не обеспечивает перепада давления более 60 Па, отверстия последовательно вставляют заглушки, при этом отверстие с патрубком и центральное отверстие должны быть свободны. Заглушки выполняют в виде круглых дисков с конусной поверхностью по периметру с минимальным диаметром 85 мм из полужесткого пенопласта с закрыто ячеистой структурой.

6.5. Три микроманометра закрепляют на одной панели и подключают к системе гибких шлангов.

Гибкие шланги одним концом подсоединяют к штуцерам микроманометров, другим - к среде (наружному, внутреннему воздуху, зоне кожуха, через которую подается воздух вентилятора), давление которой фиксируют.

При наличии в месте проведения испытаний порывистого ветра со скоростью более 5 м/с шланг для измерения давления наружного воздуха вводят пластмассовый штуцер (демпфер), имеющий существенно меньший диаметр проходного отверстия для сглаживания колебаний давления воздуха в шланге.

6.6. Вентилятор после установки внутри специально изготовленного кожуха съёмной пластиной с отверстиями калибруют на расход воздуха через кожух вентилятора в кубических метрах в час ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) по показаниям микроманометра в зависимости от разности давлений в нем путем испытаний с использованием поверенной системы измерения воздушного потока согласно ГОСТ 10921. Система вентилятор - микроманометр должна обеспечивать точность измерений расхода воздуха в пределах  $\pm 10\%$ .

## 7. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

На основе массива экспериментальных данных, полученных при испытании конструкции, вычисляют среднее арифметическое значение разностей давлений воздушного потока на вентиляторе  $\Delta p_{ven}$  при каждой разности давлений  $\Delta p_{env}$  в испытуемом объеме и снаружи.

Определяют измеренный объемный расход воздуха  $Q_{ven}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , проходящий через вентилятор, при каждой разности давлений  $\Delta p_{env}$  по формуле:

$$Q_{ven} = c \cdot (\Delta p_{ven}) \cdot l,$$

где  $\Delta p_{ven}$  - средняя арифметическая разность давлений воздушного потока на вентиляторе, Па;  $c$ ,  $l$  - константы, полученные при калибровке вентилятора.

Измеренный объемный расход воздуха корректируют на стандартные атмосферные условия:

$$p = 101.3 \text{ кПа}, t_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C} = 293 \text{ }^\circ\text{K}$$

и определяют объемный расход воздуха  $Q_{env}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , через ограждения по формуле:

$$Q_{env} = k \cdot Q_{ven}$$

где  $k$  - поправочный коэффициент на стандартные атмосферные условия

Строят в логарифмических координатах экспериментальную зависимость объемного расхода воздуха через ограждение  $Q_{env}$  от разности давлений  $\Delta p_{env}$  (см. рис.11).

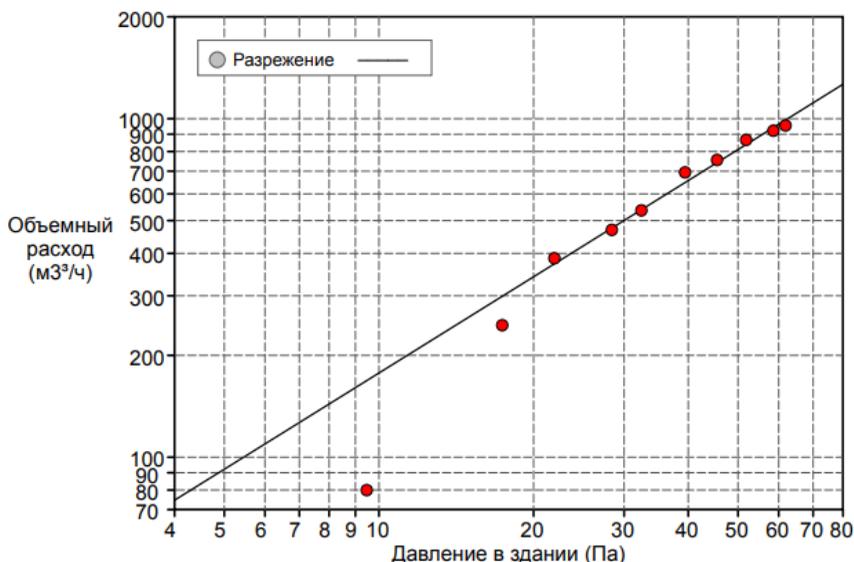


Рисунок 11 – Результаты замеров воздухопроницаемости помещения

Экспериментальные зависимости аппроксимируют прямой линией по методу наименьших квадратов и по этой зависимости определяют объемный расход воздуха через ограждения

$$Q_{50} \text{ при } \Delta p_{env}^{50} = 50 \text{ Па и } Q_{10} \text{ при } \Delta p_{env}^{10} = 10 \text{ Па}$$

Показатель режима фильтрации воздуха через ограждения  $l$  определяют по формуле:

$$l = \frac{\ln \frac{Q_{50}}{Q_{10}}}{\ln \frac{\Delta p_{env}^{50}}{\Delta p_{env}^{10}}}$$

Кратность обмена воздуха – это величина, значение которой показывает, сколько раз в течение 1 часа воздух в помещении полностью заменяется на новый.

Кратность воздухообмена испытываемого помещения при разности давлений  $50 \text{ Па}$ ,  $n_{50}$ ,  $\text{ч}^{-1}$ , определяют по формуле:

$$n_{50} = \frac{Q_{50}}{V},$$

где  $V$  – объем испытываемого помещения,  $\text{м}^3$ .

Воздухопроницаемость,  $\text{м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{ч}$ :

$$q_{50} = \frac{Q_{50}}{S},$$

где  $Q_{50}$  – измеренный поток,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$S$  – площадь ограждающей конструкции,  $\text{м}^2$ .

Допустимые значения кратности обмена воздуха  $n_{50}$  согласно **СП 50.13330.2012** приведен в таблице 2:

Таблица 2 - Допустимые значения кратности обмена воздуха

№	Назначение здания	$n_{50}$
1	Для всех типов зданий	$\leq 4,0$
2	Здания с механической вентиляцией	$\leq 2,0$
3	Пассивный дом	$\leq 0,6$

Согласно **ГОСТ 31167-2009**: Классы воздухопроницаемости ограждающих конструкций:

Классификация воздухопроницаемости ограждающих конструкций объекта по кратности воздухообмена при  $\Delta p = 50 \text{ Па}$  ( $n_{50}, \text{ ч}^{-1}$ ) помещения, группы помещений (квартиры) жилых многоквартирных, общественных, административных, бытовых, сельскохозяйственных, вспомогательных помещений производственных зданий и сооружений, а также многоквартирных зданий в целом приведена в таблице 3.

Таблица 3 - Классы воздухопроницаемости ограждающих конструкций объекта

Кратность воздухообмена при $\Delta p = 50 \text{ Па}$ ( $n_{50}, \text{ ч}^{-1}$ )	Наименование класса
$n_{50} < 1$	Очень низкая
$1 \leq n_{50} < 2$	Низкая
$2 \leq n_{50} < 4$	Нормальная
$4 \leq n_{50} < 6$	Умеренная
$6 \leq n_{50} < 10$	Высокая
$10 \leq n_{50}$	Очень высокая

При установлении классов воздухопроницаемости «умеренная», «высокая», «очень высокая», следует принимать меры по снижению воздухопроницаемости объектов.

При установлении классов «низкая» и «очень низкая» в объектах, имеющих вентиляцию с естественным побуждением, следует принимать меры, обеспечивающие дополнительный приток свежего воздуха.

Оценка эффективности теплозащиты здания проводится в соответствии со СНиП 23–02–2003 и с учетом приведенных здесь уточнений нормативного воздухообмена общественных зданий.

Массовый расход воздуха  $q_{10}$ , кг/ч, определяют по формуле:

$$q_{10} = \rho \cdot Q_{10},$$

где  $\rho$  - плотность воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , определяемая по формуле:

$$\rho = \frac{353}{273 + t},$$

где  $t = t_{ext}$  в случае понижения давления;  $t = t_{int}$  в случае повышения давления.

Среднюю массовую воздухопроницаемость ограждений испытываемого помещения  $G$ ,  $\text{кг}/(\text{м}^2\text{ч})$ , при разности давлений  $10 \text{ Па}$ , определяют по формуле:

$$G = \frac{q_{10}}{A}$$

где  $A$  - суммарная площадь ограждений испытываемого помещения по внутренним размерам,  $\text{м}^2$ .

За результат определения массовой воздухопроницаемости ограждений помещения  $G_k$ ,  $\text{кг}/(\text{м}^2\text{ч})$ , принимают разность результатов определения массовых расходов воздуха помещения в эксплуатируемом состоянии и помещения с загерметизированным ограждением, отнесенных к площади испытываемого ограждения  $A_k$ ,  $\text{м}^2$ :

$$G_k = \frac{q_{10} - q_{10}^k}{A_k},$$

где  $q_{10}$  - массовый расход воздуха через ограждения помещения при разности давлений  $10 \text{ Па}$ , испытанного в принятых условиях,  $\text{кг}/\text{ч}$ ;

$q_{10}^k$  - то же, при загерметизированном ограждении;  
 $A_k$  - площадь испытываемого ограждения,  $\text{м}^2$ .

Методы расчета для проверки соответствия фактических значений кратности воздухообмена  $n_{50}$  и сопротивления

воздухопроницанию ограждений  $R_{inf}$  нормируемым значениям приведены в приложениях **ГОСТ 31167-2009**.

Применение метода позволяет определить кратность воздухообмена  $n_{50}$  испытуемого помещения при разности давлений  $50 \text{ Па}$  снаружи и внутри, массовую воздухопроницаемость ограждения, и сопротивление воздухопроницанию ограждения  $R_{infC}$  относительной ошибкой, не превышающей  $\pm 15 \%$ .

## **8. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ОБОЛОЧКИ ЗДАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Для снижения воздухопроницаемости конструкций здания необходимо:

1. Выбирать для элементов конструкции здания материалы с как можно низким показателем воздухопроницаемости.

2. Применять конструкции, которые позволяют использовать материалы с низкой воздухопроницаемостью.

3. Конструкции с высокой воздухопроницаемостью закрывать защитным слоем из материалов с высоким сопротивлением воздухопроницанию.

**Например**, газобетонные стены и другие стены из штучных материалов защищают слоем штукатурки с одной, а лучше с двух сторон. Паронепроницаемые покрытия, мембраны, пленки, применяемые во многих конструкциях для защиты утеплителей от увлажнения, служат барьером и для воздуха.

4. Тщательно заполнять раствором швы кладки. В однослойной кладке из блоков швы кладки легко продуваются, особенно, если вертикальные швы соединяются без раствора, способом паз-гребень.

5. Герметизация стыков обшивки наружных стен плитами ОСП (OSB) – необходимое условие теплого здания. Обязательно выполнять герметизацию стыков, примыканий,

сопряжений, мест прохода коммуникаций герметиками, клейкими лентами и другими способами, указанными в технической документации. Не пренебрегать этим.

6. Защищать от продувания необходимо не только помещения, но и слой утеплителя.

**Например,** минераловатные утеплители во всех конструкциях наружной оболочки дома обязательно закрывают ветрозащитными паропроницаемыми мембранами, пленками.

7. Ограничить применение ячеистобетонных блоков с системой паз-ребень в связи с их высокой воздухопроницаемостью.

### **Список использованной литературы**

1. ГОСТ Р 54852-2011 Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. М.: Стандартинформ, 2012.

2. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП23-02-2003» // Министерство регионального развития. М: 2012.

3. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий // Госстрой России. – М.:ФГУП ЦПП, 2004.

4. ГОСТ 31167-2009 Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях, Государственный стандарт России от 10 ноября 2010 г. № 31167-2009: М.: Стандартинформ, 2011.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре  
Набережночелнинского института  
Казанского (Приволжского) федерального университета

Подписано в печать  
Формат 60x84/ 32. Печать ризографическая  
Бумага офсетная. Гарнитура «Times New Roman»  
Усл. п. л.            Уч.-изд. л.  
Тираж    экз.    Заказ №

---

423810, г. Набережные Челны, Новый город, проспект Мира, 68/19  
тел./факс (8552) 39-65-99 e-mail: ic-nchi-kpfu@mail.ru