

Инженерная методика учёта влияния пористых воздухопроницаемых элементов на тепловую защиту здания

Недостаточность воздухообмена, создаваемого при фильтрации воздуха через неплотности ограждающих конструкций в зданиях с системами естественной вентиляции, является известной проблемой. Существует ряд инженерных решений, позволяющих повысить воздухообмен. К таким решениям относится применение приточных клапанов, использование технологии рекуперации теплового потока в окнах и наружных ограждениях, применение вентилируемых пористых вставок, частичная механизация естественных систем и ряд других мероприятий. Вопросы эксплуатации вентилируемых вставок в наружных стенах здания при движении через них вентиляционного воздуха уже поднимались в материалах некоторых авторов [1–3], но до сих пор не были решены в окончательном виде. В данной статье предложено рассмотреть работу сквозных проёмов с пористым наполнением и предложить инженерную методику, которая позволила бы увязать применение таких устройств с современными требованиями к тепловой защите зданий.

Необходимость создания проёма с пористым наполнением продиктована санитарными требованиями к приточному воздуху на входе его в рабочую зону помещения. Так, например, при использовании приточного клапана может возникнуть струя холодного воздуха, имеющая недопустимую температуру и подвижность на входе в рабочую зону [4]. При этом уменьшение расхода воздуха в струе

снижает воздухообмен до недопустимо малых значений. Применение заполненного пористой средой проёма позволяет создать равномерное поле небольших скоростей приточного воздуха и нагреть его до нормативной температуры перед подачей в помещение.

В данной статье предложено рассмотреть работу сквозных проёмов с пористым наполнением и предложить инженерную методику, которая позволила бы увязать применение таких устройств с современными требованиями к тепловой защите зданий

Для подогрева притока в системе естественной вентиляции с такими проёмами может использоваться штатный отопительный прибор. В этом случае его тепловая мощность должна быть достаточной для нагрева расчётного расхода воздуха, поступающего в помещение через этот проём и компенсации трансмиссионных теплопотерь. Для равномерного прогрева приточного воздуха необходимо размещать проём таким образом, чтобы отопительный прибор во фронтальной проекции полностью перекрывал его своей площадью. Вследствие лучистого и конвективного теплообмена между отопительным прибором и внутренней поверхностью наружной стены, где расположена

Рецензия эксперта на статью получена 16.05.2018 [Expert review on the article was received on May 16, 2018].

УДК 697.952.4

Инженерная методика учёта влияния пористых воздухопроницаемых элементов на тепловую защиту здания

В. Ю. Кравчук, ассистент; **А. Г. Рымаров**, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

В рамках статьи предлагается инженерная методика увязки применения вентиляционных пористых вставок в наружных ограждениях с требованиями к тепловой защите зданий.

Ключевые слова: инженерная методика, воздухопроницаемые ограждения, вентиляция, тепловая защита.

UDC 697.952.4

Engineering method for air-permeable porous elements accounting on thermal protection of a building.

V. Yu. Kravchuk, graduate student; **A. G. Rymarov**, PhD, Associate Professor of the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Moscow State National Research University of Civil Engineering (NRU MGSU)

The article proposes an engineering method for linking air-permeable porous elements with the requirements to thermal protection of buildings.

Keywords: engineering method, air-permeable constructions, external walls, ventilation, thermal protection.

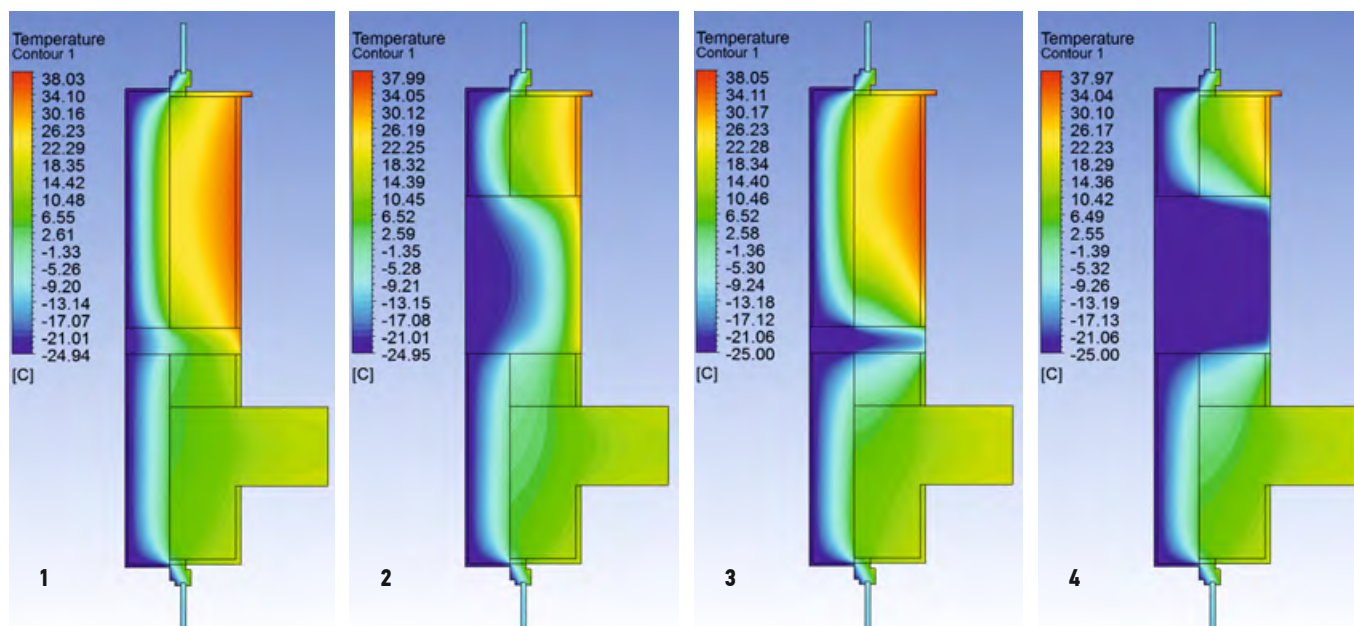


Рис. 1–4. Моделирование температурного поля наружного ограждения при фильтрации холодного воздуха в приточно-вытяжном устройстве

вставка с пористым наполнением, происходит её перегрев, что локально повышает тепловые потери. Приточный воздух, проходя через пористую вставку, нагревается трансмиссионным тепловым потоком и возвращает теплоту в объём помещения, что экономит тепловую энергию, создавая «экономайзерный эффект».

Так как любое вмешательство в конструкцию наружных ограждений нарушает тепловую защиту здания, то приточно-вытяжные устройства следует рассмотреть как теплопроводные включения и попытаться применить к ним требования нормативных документов. Современная методика учета теплопроводных включений представлена в Своде Правил 50.13330.2012 и разработана В.Г. Гагариным и В.В. Козловым [5].

В соответствии с этой методикой все теплопроводные включения рассматриваются как точечные, линейные или плоские элементы с конкретными геометрическими характеристиками и удельными тепловыми потоками. При использовании этого метода вентилируемая вставка не рассматривается как плоский элемент, так как является, по сути, частью вентиляционной системы, аналогичной открытому окну. Условно считается, что нелинейное поведение температурного поля вблизи периметра проёма возникает только из-за наличия стыка сквозного проёма и ограждения, который рассматривается как линейный элемент. Угловые точки периметра вставки рассматриваются как точечные элементы.

Для расчёта удельных тепловых потоков теплопроводного включения (по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»)

необходимо выполнить температурный расчёт этого включения, расположенного в наружном ограждении. В рамках статьи было выполнено физико-математическое моделирование температурного режима наружной стены при одновременной фильтрации воздуха в проёме с пористым наполнением.

Пример результатов расчёта представлен на рис. 1–4. На его основании могут быть определены удельные тепловые потоки для приточно-вытяжных устройств, что делает возможным их учёт по современным нормам.

Известно, что требования к тепловой защите имеют два условия к ограждающим конструкциям: санитарно-гигиеническое и энергосберегающее. Санитарно-

гигиеническое ограничивает температуру на внутренней поверхности ограждения температурой «точки росы» для внутреннего воздуха, а энергосберегающее требование ограничивает тепловой поток. С целью учёта санитарно-гигиенического требования был выполнен многопараметрический расчёт температурного поля ограждения, в котором изменялись размеры приточно-вытяжного устройства и скорости движения воздуха в порах вентилируемой вставки. По результатам моделирования для московского региона был построен график зависимости наименьшей температуры внутренней поверхности ограждения от скорости движения воздуха в порах фильтрующего материала и высоты вставки H (рис. 5).

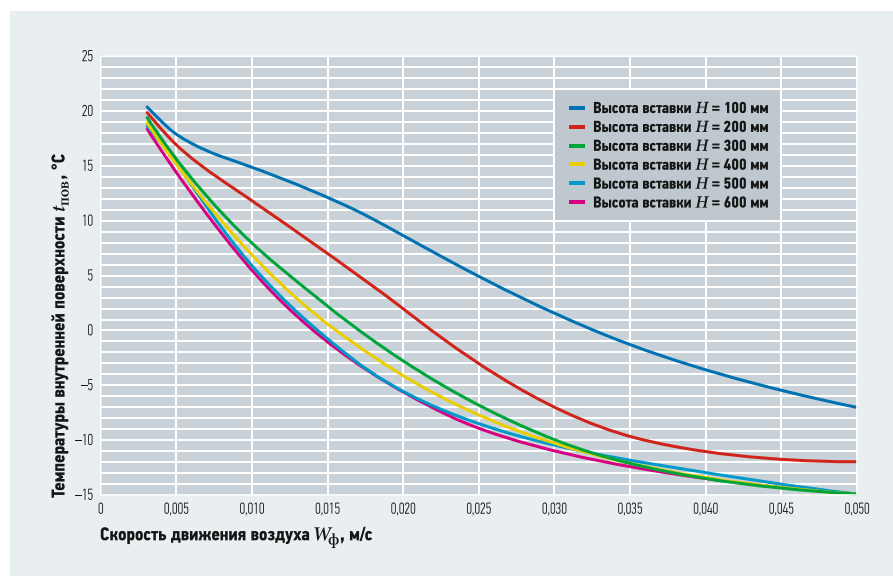


Рис. 5. График зависимости минимальной температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции от скорости движения воздуха в порах засыпки для московского региона. Значения в правом верхнем углу задают соответствие между цветом линий графика и высотами вставки H

Моделирование температурного режима ограждения с воздухопроницаемой вставкой позволяет достаточно точно решить задачу учёта санитарно-гигиенического требования. После построения графиков следует отметить на вертикальной оси температуру точки росы для внутреннего воздуха и провести через неё горизонталь. Все точки графиков, удовлетворяющие санитарно-гигиеническому требованию, окажутся выше этой линии, после чего из них можно выбрать любое сочетание высоты вставки и скорости воздуха в порах.

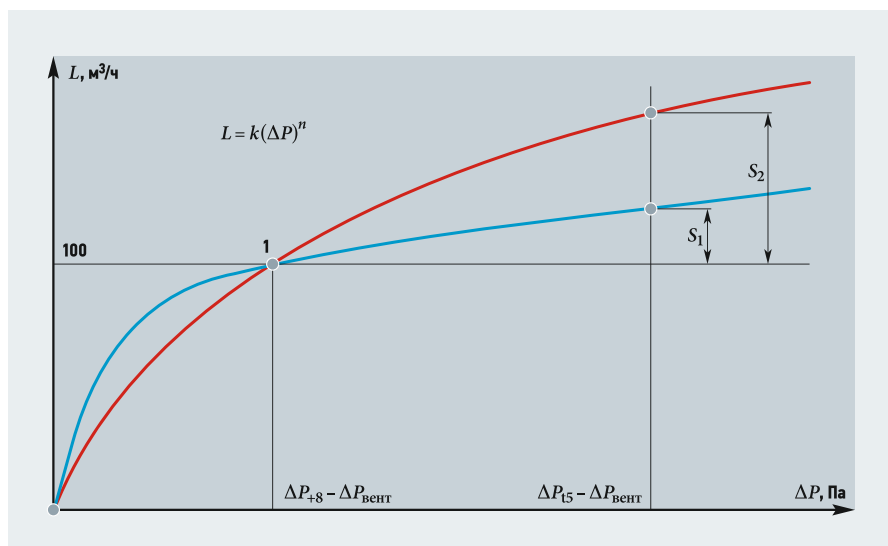


Рис. 6. Пример использования алгоритма по выбору заполнения воздухопроницаемого элемента

При графоаналитическом методе характеристики пористости, формирующие гидравлический режим, не рассматриваются в их сложном взаимовлиянии, а приводятся к одной ключевой характеристике сопротивления

На практике инженер, проектирующий систему вентиляции, оборудованную рассматриваемыми проёмами, после всех выполненных расчётов столкнётся с вопросом выбора заполнения воздухопроницаемого элемента. Невозможность подбора единственного типа заполнения для всех устройств, расположенных в одном здании, объясняется зависимостью гидравлического режима пористых материалов от перепадов давления, которые сильно зависят от этажности здания и отметки рассматриваемого этажа.

Для выбора материала заполнения воздухопроницаемого проёма предлагается графоаналитический метод. В нём характеристики пористости, формирующие гидравлический режим, не рассматриваются в их сложном взаимовлиянии, а приводятся к одной ключевой характе-

ристике — характеристике сопротивления. Если опираться на степенной закон фильтрации, то алгоритм подбора материала для заполнения воздухопроницаемого элемента будет следующим:

1. Для каждого этажа проектируемого объекта определяется располагаемое давление при температуре «наиболее холодной пятидневки» обеспеченностью 0,92 и температуре +8°C. Из этих давлений вычитаются потери на трение.
2. Полученные разности откладываются по оси перепадов давлений в системе координат $L-\Delta P$ (рис. 6).
3. На ось объёмных расходов воздуха наносится величина расхода (100 м³/ч на примере) через одну вентилируемую вставку. Определяется положение точки 1.
4. Из экспериментальной базы данных выбираются материалы, засыпки из которых имеют зависимость $L(\Delta P)$, проходящую через точку 1.
5. В случае, если по пункту 4 подходящими являются несколько материалов, то выбирается тот, характеристика сопротивления которого будет наиболее крутой (синяя линия на рисунке).

6. Расстояния S_1 и S_2 показывают максимальный объём воздуха, который придётся регулировать клапаном во вставке, наполненной засыпкой с соответствующей характеристикой.

Описанные действия в общем виде представляют собой инженерную методику применения воздухопроницаемых проёмов с пористым наполнением, которую можно коротко сформулировать в виде следующих пунктов:

1. Пользуясь графоаналитическим методом, определяются заполнение воздухопроницаемого проёма.
2. По известным теплотехническим пористым характеристикам выполняют температурный расчёт и выделяют сочетания геометрии вставки и скорости воздуха в порах, удовлетворяющие санитарно-гигиеническому условию.
3. Пользуясь элементарным методом расчёта теплопроводных включений, представленным в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», определяют толщину утеплителя с учётом дополнительного теплового потока через приточно-вытяжное устройство рассчитанного размера.



1. Беляев В.С. Применение пористых вставок в наружных ограждениях зданий // Теплотехнические качества и микроклимат крупнопанельных зданий. — М.: Сб. науч. трудов ЦНИИЭП жилища, 1976. Вып. 4. С. 63–71.
2. Валов В.А. Воздухопроницаемые ограждающие конструкции в системе здания // Вестник сибирской государственной автомобильно-дорожной академии, 2011. №13. С. 33–37.
3. Цвяк А.А. Разработка ограждающих конструкций с регулируемой воздухопроницаемостью: Дисс. на соискание уч. степ. к.т.н. по спец. 05.23.01. — Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2004. 136 с.
4. Рымаров А.Г., Кравчук В.Ю. Исследование применения воздушных клапанов в квартире жилого здания в холодный период года // Журнал С.О.К., 2016. №12. С. 70–71.
5. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Теоретические предпосылки расчёта приведённого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций // Строительные материалы, 2010. №12. С. 4–12.

References — see page 92.

Engineering method for air-permeable porous elements accounting on thermal protection of a building. Pp. 66–68.

V. Yu. Kravchuk, graduate student; **A. G. Rymarov**, PhD, Associate Professor of the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Moscow State National Research University of Civil Engineering (NRU MGSU)

1. Beljaev B.C. *Primenenie poristyh vstavok v naruzhnyh ograzhdenijah zdaniy / Teplotekhnicheskie kachestva i mikroklimat krupnopanel'nyh zdaniy* [The using of porous media insertions in external walls. Thermophysical parameters and microclimate of large-panel buildings]. Moscow. *Sb. nauch. trudov CNIIJeP zhilishha* [Papers of Central Research Institute for Experimental Design ("TsniieP Zhilishcha", JSC)]. 1976. Issue 4. Pp. 63–71.
2. Valov V.A. *Vozduhopronicaemye ograzhdajushhie konstrukcii v sisteme zdaniya* [The air-permeability walls in buildings]. Omsk. *Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj avtomobil'no-dorozhnoj akademii* [Papers of the Siberian State Automobile and Highway University ("Vestnik SibADI")]. 2011. No. 13. Pp. 33–37.
3. Cvjak A.A. *Razrabotka ograzhdajushhih konstrukcij s reguliruejmoj vozduhopronicaemost'ju* [The development of external walls with changeable air-permeability]. Diss. na soiskanie uch. step. k.t.n. on spec. 05.23.01 [The thesis of the PhD in spec. No. 05.23.01]. Omsk. *Sibirskaja gosudarstvennaja avtomobil'no-dorozhnaja akademija* [The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)]. 2004. 136 p.
4. Rymarov A.G., Kravchuk V.Ju. *Issledovanie primeneniya vozdušnyh klapanov v kvartire zhiлого zdaniya v holodnyj period goda* [The research of using of air-supply devices in residential buildings in cold spell of the year]. *Zhurnal Santehnika, otopenie, kondicionirovanie (S.O.K.)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2016. No. 12. Pp. 70–71.
5. Gagarin V.G., Kozlov V.V. *Teoreticheskie predposylki rascheta privedennogo soprotivlenija teploperedache ograzhdajushhih konstrukcij* [Theoretical preconditions for calculating reduced resistance to heat transfer of enclosing structures]. *Stroitel'nye materialy* [Building Materials]. 2010. No. 12. Pp. 4–12.