

**ПРОЧИЕ ВОПРОСЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ / OTHER QUESTIONS RELATED TO
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2021.24.4>

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ МНОГОЭТАЖНЫХ
ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА**

Научная статья

Слободчиков Е.Г.^{1*}, Харюзов Д.В.²

^{1,2} Инженерно-технический институт СВФУ им. М. К. Аммосова, Якутск, Россия

* Корреспондирующий автор (egor-sakha[at]mail.ru)

Аннотация

В климатических условиях Республики Саха (Якутия) одной из важных задач является повышение эффективности тепловой защиты здания, т.к. это является необходимым условием обеспечения комфортности проживания человека и снижения тепловых потерь через ограждающие конструкции. Потери теплоты, зависящие от климатических условий, ограждающих конструкций не отвечают нормативам, имеется перерасход тепла и электроэнергии. В статье рассмотрены вопросы исследования воздухопроницаемости зданий и повышения герметичности наружных ограждающих конструкций.

Ключевые слова: тепловая защита зданий, воздухопроницаемость, натурные обследования, низкие температуры, инфильтрация.

**A STUDY OF AIR PERMEABILITY OF ENCLOSING STRUCTURES OF MULTI-STOREY BUILDINGS IN THE
RUSSIAN NORTH**

Research article

Slobodchikov E.G.^{1*}, Haruzov D.V.²

^{1,2} M. K. Ammosov North-Eastern Federal University Engineering and Technical Institute, Yakutsk. Russia

* Corresponding author (egor-sakha[at]mail.ru)

Abstract

In the climatic conditions of the Republic of Sakha (Yakutia), increasing the efficiency of thermal protection of a building is one of the most important objectives, since this is a necessary condition for ensuring the comfort of living and reducing heat losses through enclosing structures. If heat losses of enclosing structures, which depend on the climatic conditions, do not meet the standards, there is an overspend of heat and electricity. The article deals with the issues of studying the air permeability of buildings and increasing the air-tightness of external enclosing structures.

Keywords: thermal protection of buildings, air permeability, field surveys, low temperatures, infiltration.

Введение

Климатические условия Якутии представлены пониженными расчетными температурами холодного периода, низкими скоростями ветра и высокими годовыми амплитудами температур. Одним из присущих особенностей климата Якутии является амплитуда температур, составляющая от 50 до 127 °С. Температура наиболее холодной пятидневки наружного воздуха колеблется от -50 °С до -65 °С, а в остальных регионах России от -25 °С до -41 °С, что составляет разницу более 20 °С. Значительная продолжительность отопительного периода, наличие вечномерзлых грунтов, слабо развитая инфраструктура, большая удаленность между населенными пунктами, в основном малонаселенными, создают особые трудности для строительства и обеспечения жизнедеятельности человека на Севере [1], [2], [3]. Особенности климата г. Якутска наглядно проявляются при сравнении с климатом городов центральной России (см. рисунок 1).

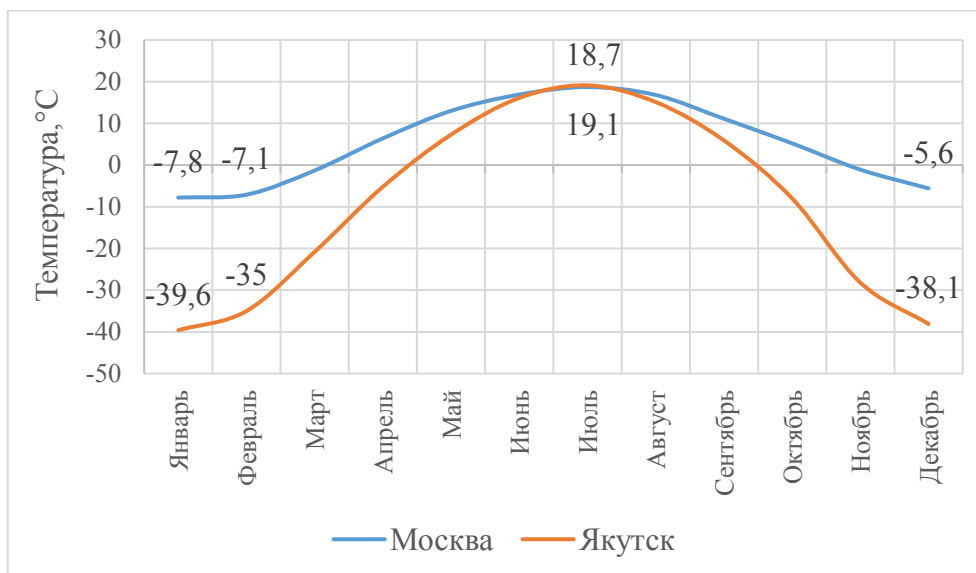


Рис. 1 – График распределения средней месячной температуры

Основные принципы проектирования и строительства энергоэффективных зданий известны и направлены на снижение энергопотребления за счет применения ограждающих конструкций с высоким уровнем тепловой защиты, рациональных архитектурно-планировочных решений, современных систем отопления, вентиляции. Экономическое обоснование при принятии решения об энергосберегающем мероприятии, в частности о применении современных инженерных решений, в настоящее время является обязательным [4], [5]. Необходимость научной проработки вопросов повышения энергоэффективности зданий за счет сокращения тепловых потерь через ограждающие конструкции в условиях низких температур Северо-Востока России всегда являлась актуальной [6], [7]. Наиболее капитальные и значимые опытно-исследовательские работы в строительной сфере, связанные с проблемами воздухопроницаемости ограждающих конструкций и законов фильтрации для строительных материалов и конструкций, были выполнены Р.Е. Брилингом в 1936—1937 гг. в лаборатории инфильтрации ЦНИПС [8].

Методы и принципы исследования

При строительстве жилых зданий в качестве наружных ограждений применяются различные ограждающие конструкции в многослойном исполнении. Для анализа воздухопроницаемости были выбраны три объекта, находящиеся в городе Якутске, с монолитно-каркасной схемой постройки, являющиеся многоэтажными жилыми зданиями с многослойными ограждающими конструкциями. Несущие конструкции стен, фундаментов, перекрытий и лестниц выполнены из монолитного железобетона. Теплоизоляция стеновых конструкций выполнена по схеме вентилируемого фасада. Опытные работы выполнены в натуральных (фактических) эксплуатационных условиях в соответствии с ГОСТ 311672009 «Здания и сооружения». Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях» [9]. Нормы и требования по величине воздухопроницаемости наружных ограждающих конструкций и кратности воздухообмена в помещениях отражены в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [10]. Порядок испытаний описан в ГОСТ 311672009 и в инструкции по работе испытательного оборудования – аэродвери «RETROTEC 5000». Вентилятор с помощью воздухопроницаемого полотнища и специальной выдвижной рамки устанавливаем проеме двери испытываемого помещения (см. рисунок 2). Включаем оборудование, создаем стабильную разность давлений между испытываемым объемом помещения и наружной средой. В ходе опытных работ производим регулировку расхода воздуха через вентилятор аэродвери для ступенчатой перемены разности давлений, между внутренним и наружным воздухом. При заданном перепаде давления между объемом испытываемого помещения и наружной средой, производим измерение текущего расхода воздуха через вентилятор. По полученным результатам измерений вычисляем итоговые характеристики воздухопроницаемости экспериментального здания. Для выполнения работ по определению воздухопроницаемости конструкций здания, объемов фильтрации применены контрольно-измерительные приборы: стенд для определения воздухопроницаемости «RETROTEC 5000», измеритель температуры и влажности воздуха «Testo 435-4»; тепловизор «Satir HY-G90», ноутбук. Испытания проведены в период с ноября 2019 г. по февраль 2020 г.



Рис. 2 – Аэродверь «Retrotec 5000», установленная в дверном проеме здания

Обследование вытяжной системы вентиляции и определение степени воздухообмена в помещениях здания производится в соответствии с требованиями СП 60.13330.2016 [11], ГОСТ 12.3.018-79 «Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний» [12], с целью контроля эффективности вентиляции.

Основные результаты

В ходе проведения испытаний с помощью аэродвери вентилятор создает в помещении перепад давления между внутренним помещением и наружным воздухом. При фиксированном перепаде давления между испытываемым объемом и наружной средой измеряют расход воздуха через вентилятор. В качестве примера представлены результаты испытаний, полученные при разности давлений наружного и внутреннего воздуха 50 Па (см таблицу 1).

Таблица 1 – Воздухообмен при разности давлений наружного и внутреннего воздуха 50 Па. Помещение первого этажа объекта №1

Наименование испытания	Объемный расход воздуха при разности давлений $\Delta P = 50$ Па		Кратность воздухообмена при разности давлений $\Delta P = 50$ Па, n50		Требование норматива СП 50.13330.2012, n50, не более час-1
	м ³ /час	погрешность	час-1	погрешность	
Понижение давления	283,75	+/- 0,65 %	1,16	+/- 0,65 %	<2
Повышение давления	285,64	+/- 0,65 %	1,163	+/- 0,65 %	
Среднее	284,69	+/- 0,65 %	1,165	+/- 0,65 %	

В результате проведенных опытных работ установлено что:

1. Воздухопроницаемость ограждающих конструкций при закрытых вентканалах в исследованных экспериментальных зданиях, при разности давлений внутреннего и наружного воздуха 50 Па обеспечивает воздухообмен кратностью: $n_{50} = 0,67$ до 11,76 1/ч.

2. Воздухопроницаемость оболочки здания и кратность воздухообмена в испытанных помещениях в большинстве своем не отвечает требуемым нормам, а также вследствие низкой герметизации оконных конструкций и наружных стен оборудование не может корректно отобразить результаты.

3. Эффективный коэффициент сопротивления экспериментально исследованных конструкций постепенно снижается в зависимости от высоты этажа.

Заключение

Явления, вызывающие естественный воздухообмен в помещении, особенности заметны при сильных морозах, когда

разность температур наружного и внутреннего воздуха отапливаемых помещений особенно велика. В связи с этим сильнее всего подвержены охлаждению в холодное время комнаты первых этажей, где наблюдается наиболее активная инфильтрация разностью температур внутреннего и наружного воздуха, так и под влиянием ветрового напора. По мере увеличения перепада температур внутреннего и наружного воздуха, а также числа этажей в здании растёт разность давлений, вызываемая тепловым напором.

В этой связи, для уменьшения тепловых потерь и снижения параметров воздухопроницаемости ограждающих конструкций необходимо:

1. Уплотнение и герметизация наружных входных дверей в подъездах с установкой доводчиков;
2. Повышение теплотехнической однородности наружных ограждающих конструкций – заделка и герметизация неплотностей и щелей в межпанельных соединениях (швов) и ликвидация температурных мостиков в стыковых соединениях;
3. Повышение теплозащиты оконных и балконных дверных блоков до действующих нормативных требований.

Conflict of Interest

None declared.

Конфликт интересов

Не указан.

Список литературы / References

1. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-1999*. – М.: Минрегионразвития, 2013. – 120 с.
2. Местников А.Е. Энергоэффективное малоэтажное строительство в Якутии [Электронный ресурс] / Местников А.Е., Кардашевский А.Г. // II Всероссийская научная конференция с международным участием «Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий»: 24-26 марта 2015 года. Новосибирск, Институт теплофизики СО РАН. С. 39-41. – URL: http://www.itp.nsc.ru/conferences/mzhz_2015 (дата обращения: 11.26.2021)
3. Карауш С.А. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения: Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство» / Карауш С.А., Хуторной А.Н. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2003. - 161 с.
4. Гагарин В.Г. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» / Гагарин В.Г., Козлов В.В. // Строительные материалы. 2011. № 8. С. 2–6.
5. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий / Гагарин В.Г. // Строительные материалы. 2010. № 3. С. 8–16.
6. Файст В. Основные положения по проектированию пассивных домов. 2-е издание / Файст В. // – М.: Издательство АСВ, 2011. С. 162-163.
7. Табунщиков Ю.А. Энергоэффективные здания / Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. С 161.
8. Брилинг Р. Е. Воздухопроницаемость ограждающих конструкций и материалов / Р. Е. Брилинг. - Москва: Стройиздат, 1948. - 90 с.
9. ГОСТ 31167-2009. Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных - условиях. - Введ. 2011 -03-01 – Москва Стандартинформ. 2011.
10. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – М.: Госстрой России ФГУП ЦПП, 2006. – 26 с.
11. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 (с Изменением N 1).; Москва, 2017.
12. ГОСТ 12.3.018-79. Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний. - Введ. 1981-01-01. - Москва: Изд-во стандартов, 1979. - 11 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. SP 131.13330.2012 Construction climatology Updated edition of SNiP 23-01-1999* – М.: Ministry of Regional Development, 120 p [in Russian]
2. Mestnikov A. E. Energoeffektivnoe maloetazhnoe stroitel'stvo v YAkutii [Energy efficient low-rise construction in Yakutia] / Mestnikov A. E., Kardashevsky A. G. // II All- Russian scientific conference with international participation "Energy and resource efficiency of low-rise residential buildings": March 24-26 (Novosibirsk, Institute of Thermophysics SB RAS) pp. 39-41 – URL: http://www.itp.nsc.ru/conferences/mzhz_2015 (accessed: 11.26.2021) [in Russian]
3. Karaush S. A. Teplogeneriruyushchie ustanovki sistem teplosnabzheniya: Uchebnoe posobie dlya studentov vuzov, obuchayushchihya po napravleniyu «Stroitel'stvo» [Heat-generating installations of heat supply systems: a textbook for university students studying in the direction of "Construction"] / Karaush S. A. – Tomsk: Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, 2003, 161 p. [in Russian]
4. Gagarin V. G. Requirements for thermal protection and energy efficiency in the draft of the updated SNiP "Thermal protection of buildings" / Gagarin V.G., Kozlov V.V. // Construction materials, 2011, 8, pp. 2–6 [in Russian]
5. Gagarin V. G. Makroekonomicheskie aspekty obosnovaniya energosberegayushchih meropriyatij pri povyshenii teplozashchity ograzhdayushchih konstrukcij zdaniy [Macroeconomic aspects of substantiation of energy-saving measures when increasing the thermal protection of building envelopes] / Gagarin V. G. // Stroitelnye materialy, 2010, 3, pp. 8–16 [in Russian]
6. Feist V. Osnovnye polozheniya po proektirovaniyu passivnyh domov. 2-e izdanie [Basic provisions for the design of passive houses 2nd edition] / Feist V. – Moscow: ASV Publishing House, 2011, pp. 162-163 [in Russian]
7. Tabunshchikov Yu. A. Energoeffektivnye zdaniya [Energy efficient buildings] / Tabunshchikov YU.A., Brodach M.M., SHilkin N.V. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003, p. 161 [in Russian]

8. Briling R. E. Vozduhopronicaemost' ograzhdayushchih konstrukcij i materialov [Air permeability of enclosing structures and materials] / Briling R. E. – Moscow: Stroyizdat, 1948, 90 p [in Russian]
 9. GOST 31167-2009 Buildings and constructions Methods for determining the air permeability of enclosing structures in full-scale conditions Introduction 2011-03-01 (Moscow Standardinform) [in Russian]
 10. SP 50.13330.2012 Thermal protection of buildings Updated edition of SNIp 23-02-2003 (M.: Gosstroy of Russia FGUP TsPP) 26 p. [in Russian]
 11. SP 60.13330.2016 Heating, ventilation and air conditioning. Updated edition of SNIp 41-01-2003 (with Amendment) 1 (Moscow) [in Russian]
 12. GOST 12.3.018-79 Ventilation systems Aerodynamic test methods Introduction 1981-01-01 (Moscow: Publishing house of standards) 11 p. [in Russian]
-
-