

Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь
Белорусский государственный университет транспорта
Факультет магистерской подготовки и профориентации
кафедра «Экология и рациональное использование водных ресурсов»

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИИ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ОКОН НОВОГО ТИПА
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ИНФИЛЬТРАЦИИ**

Магистерская диссертация
на соискание степени магистра технических наук

по специальности
1–70 80 01– Строительство

Выполнил
студент второй ступени высшего
образования (магистратуры)
Самсонов Илья Андреевич

(подпись)

«__» _____ 2017 г.

Научный руководитель
ФИО
Степень, звание

(подпись)

«__» _____ 2017 г.

Гомель 2017

РЕФЕРАТ

Самсонов А.В. Технологическая оценка эксплуатации энергосберегающих окон нового типа при различных режимах инфильтрации

Магистерская диссертация 66 с., 22 рис., 5 табл., 29 источников.

СТЕКЛОПАКЕТЫ, ПРОФИЛЬ, ГЕРМЕТИЧНЫЕ ОКНА, ИНФИЛЬТРАЦИЯ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Объектом исследований являются окна новой конструкции. Целью магистерской работы является анализ состояния воздушного режима в помещениях жилых зданий при эксплуатации герметичных окон и поиск рационального подхода по совместимости новых герметичных окон и имеющейся системы естественной вытяжной вентиляции в модернизируемых зданиях. Установлена причина в виде системной ошибки неучета изменения воздушного режима помещений при установке новых герметичных окон и имеющейся естественной вентиляции в старых зданиях. Разработана структурная схема по внедрению информационных технологий для учета тепловой энергии в жилом фонде города. Результаты работы представлены в виде доклада на научной конференции магистрантов БелГУТа.

РЕФЕРАТ

Самсонаў А.В. Тэхналагічная адзнака эксплуатацыі энергазберагаючых вокнаў новага тыпу пры розных рэжымах інфільтрацыі

Магістарская дысертацыя 66 с., 22 мал., 5 табл., 29 крыніц.

ШКЛОПАКЕТЫ, ПРОФІЛЬ, ГЕРМЕТЫЧНЫЯ ВОКНЫ, ИНФИЛЬТРАЦИЯ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, ПАВЕТРАНЫ РЭЖЫМ, ЭНЕРГАЭФЕКТЫЎНАСЦЬ

Аб'ектам даследаванняў з'яўляюцца вокны новай канструкцыі. Мэтай магістарскай працы з'яўляецца аналіз стану паветранага рэжыму ў памяшканнях жылых будынкаў пры эксплуатацыі герметычных вокнаў і пошук рацыянальнага падыходу па сумяшчальнасці новых герметычных вокнаў і наяўнай сістэмы натуральнай выцяжнай вентыляцыі ў мадэрнізуемых будынках. Устаноўлена прычына ў выглядзе сістэмнай памылкі неўліка змены паветранага рэжыму памяшканняў пры ўсталёўцы новых герметычных вокнаў і наяўнай натуральнай вентыляцыі ў старых будынках. Распрацавана структурная схема па ўкараненні інфармацыйных тэхналогій для ўліку цеплавой энергіі ў жылым фондзе горада. Вынікі працы прадстаўлены ў выглядзе дакладу на навуковай канферэнцыі магістрантаў БелДУТа.

ABSTRACT

Samsonov A.V. Technological evaluation of operation of a new type of energy-efficient windows in the different modes of infiltration

Master thesis of 66 pages, 22 fig., 5 tab., 29 sources.

DOUBLE-GLAZED WINDOWS, PROFILE, TIGHT WINDOWS, INFILTRATION, VENTILATION, AIR MODE, ENERGY EFFICIENCY

Object of researches are windows of a new design. The purpose of a master's thesis is the analysis of a condition of an air mode in rooms of residential buildings at operation of tight windows and search of rational approach in compatibility of new tight windows and available system of natural exhaust ventilation in modernized buildings. The reason in the form of a system error of not accounting of change of an air mode of rooms is established at installation of new tight windows and available natural ventilation in old buildings. The block diagram on introduction of information technologies for the accounting of thermal energy in housing stock of the city is developed. Results of work are presented in the form of the report at scientific conference of undergraduates of BelSUT.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ОКОН	6
1.1 История создания стеклопакетов.....	6
1.3 Особенности конструирования стеклопакетов	12
1.4 Назначение и классификация вентиляционных систем	12
2 ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ УСТАНОВКИ НОВЫХ ГЕРМЕТИЧНЫХ ОКОННЫХ БЛОКОВ И СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В МОДЕРНИЗИРУЕМЫХ ЗДАНИЯХ.....	15
2.1 Влияние параметров микроклимата на уровень воздушно-теплового комфорта в помещении.....	15
2.2 Влияние влажности в помещении на самочувствие человека.....	16
2.3 Анализ совмещения наружной и внутренней температуры воздуха с границей точки росы.....	17
2.4 Эксплуатационные причины образования конденсата на окнах	21
2.5 Особенности проектирования узла сопряжения оконного блока и наружной стены.....	22
2.6 Оценка работы системы вентиляции для разных конструкций оконных блоков	26
3. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ОКОННЫХ БЛОКОВ ИЗ ПВХ.....	31
3.1 Общий подход	31
3.2 Определение экономии теплоэнергии и топлива за счет внедрения мероприятия.....	32
Заключение	34
Литература	36

Внимание.

В примере приведен неполный текст диссертации.

ВВЕДЕНИЕ

Модель экономического роста любого государства идет по пути экстенсивного или интенсивного развития. Экстенсивный путь связан с увеличением производства количества энергии за счет сжигания все большего количества ископаемого топлива. Интенсивный – реализация на практике программы энергоэффективности и энергосбережения. Республика Беларусь последние двадцать лет стала на путь сокращения неэффективного использования энергии и внедрения в различные сферы жизнедеятельности человека энергоэффективных решений.

Отопление и вентиляция промышленных, гражданских и жилых зданий является самым большим сектором энергопотребления. Рациональное использование энергоресурсов и энергосбережение в современных условиях достаточно частых и резких колебаний параметров климата выполняется за счет повышения капитальных затрат на обеспечение высокой теплоизоляции ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Разразившийся в начале 70-х годов в Европе мощный энергетический кризис вынудил применить в строительстве различные конструкторские и технологические решения в вопросах утепления ограждающих и разного вида светопрозрачных конструкций зданий и сооружений и, в частности, уплотнения оконных притворов. Появились всевозможные конструкции энергосберегающих оконных блоков с многокамерными профилями и стеклопакетами.

Однако ведущие специалисты в области отопления и вентиляции ещё в середине прошлого столетия указывали на возможные отрицательные последствия высокой герметичности окон. В частности в публикациях «Государственного издательства архитектуры и градостроительства» 1951 г., стр.172 «Вентиляция многоэтажных жилых домов», автор - Ливак И.Ф., писалось: «... в зданиях... с вентиляцией при естественном побуждении герметизация окон с доведением их воздухопроницаемости до $6,5 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$ является вредной ибо она исключает потребный вентиляционный воздухообмен в квартирах...»

Современные оконные конструкции доведены до $0,3-0,6 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$ – то есть стали на порядок герметичнее. И как следствие – это является одной из главных причин появления проблем с вентиляцией.

В тоже время, естественная приточно-вытяжная вентиляция до настоящего времени остается основным типом вентиляции жилых домов. Она имеет преимущества по сравнению, даже с системой кондиционирования воздуха: субъективное ощущение лучшего качества воздуха и снижение затрат на со-

здание комфортного климата в помещении. Сюда же следует отнести простоту обслуживания систем естественной вентиляции. Однако проблемы вентиляции многоэтажных домов с естественной вентиляцией стали всё чаще обсуждаться.

Отметим, что естественная вентиляция:

- не обеспечивает расчётный воздухообмен в квартирах и его регулирование;

- приводит к уменьшению воздухообмена и, соответственно, ухудшению качества воздуха в квартирах верхних этажей и повышению относительной влажности в них;

- имеет тенденцию к «опрокидыванию», как направления движения воздуха в каналах спутниках с его перетеканием из сборного канала помещения, так и потока воздуха всего канала в целом с поступлением наружного холодного воздуха по вентиляционным каналам в помещение.

Основными причинами таких проблем называют применение плотных стеклопакетов и отсутствие организованного притока воздуха.

Иногда для решения этой проблемы на последних этажах устанавливаются индивидуальные вентиляционные каналы, оснащенные вентиляторами. Так же возможно применять и различные приточные установки для обеспечения требуемого воздухообмена.

В последнее десятилетие стремительно произошел переход на новую технологию изготовления герметичных окон, связанных с повышенными теплотехническими требованиями к термическому сопротивлению ограждающих конструкций. Обследование помещений зданий после их модернизации (замена деревянных оконных и дверных блоков на новые герметичные) установило резкое изменение состояния микроклимата в помещениях. Возникает парадоксальная ситуация, когда улучшение одних параметров (уменьшение теплопотерь, улучшение звукоизоляции и т.п.) приводит к изменению других параметров внутренней среды в худшую сторону (повышение влажности воздуха, снижение показателя работы вентиляции).

Целью магистерской работы является анализ состояния воздушного режима в помещениях жилых зданий при эксплуатации герметичных окон и поиск рационального подхода по совместимости новых герметичных окон и имеющейся системы естественной вытяжной вентиляции в модернизируемых зданиях.

1 ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ОКОН

1.1 История создания стеклопакетов

За последнее время слово "стеклопакет" прочно вошло в нашу жизнь, и из узкоспециального стало общепотребительным, распространённым и узнаваемым – хотя, впрочем, и не всегда правильно употребляемым. Нередко "стеклопакетом" называют всё металлопластиковое окно целиком, в то время, как он – важная, но всё же только часть металлопластикового окна.

В большинстве современных светопрозрачных конструкций различные стекла используются в так называемых изолирующих стеклопакетах. Под изолирующим стеклопакетом (в дальнейшем – стеклопакетом) будем понимать элемент, в котором два или более стекла, герметично соединенных друг с другом при помощи специальной дистанционной рамки, а также внутреннего и внешнего герметика, образуют замкнутую полость, заполненную осушенным воздухом или другими газами (аргоном – Ar, криптоном – Kr, гексафторидом серы).

Аргон и криптон применяются для улучшения теплозащитных качеств стеклопакета, а гексафторид серы – для повышения его звукоизоляции. При этом аргон является наиболее распространенным и дешевым газом.

Первый патент на производство стеклопакетов был выдан в 1865 г. Однако, их промышленное производство началось только в 1934 г. в Германии со стеклопакетов марки CUDO, примененных для остекления железнодорожных вагонов. В 1938 г. на рынке под маркой Thermorane появились стеклопакеты, состоявшие из стекол и свинцовой распорной рамки, спаянных между собой по контуру. Производство этих стеклопакетов было впервые освоено в США. Стеклопакеты различной конструкции представлены на рисунке 1.

В 1950 г. были впервые изготовлены стеклопакеты с эластичным уплотнением. В них была использована алюминиевая пустотелая рейка, заполненная осушительным средством и уплотненная полисульфидным герметиком Thiokol.

А 1970 г. считается годом рождения современного стеклопакета, имеющего двойную герметизацию. Сегодня по этой технологии производится 90% всех стеклопакетов. Конструкция стеклопакета, наиболее распространенная в настоящее время, показана на рисунке 2.

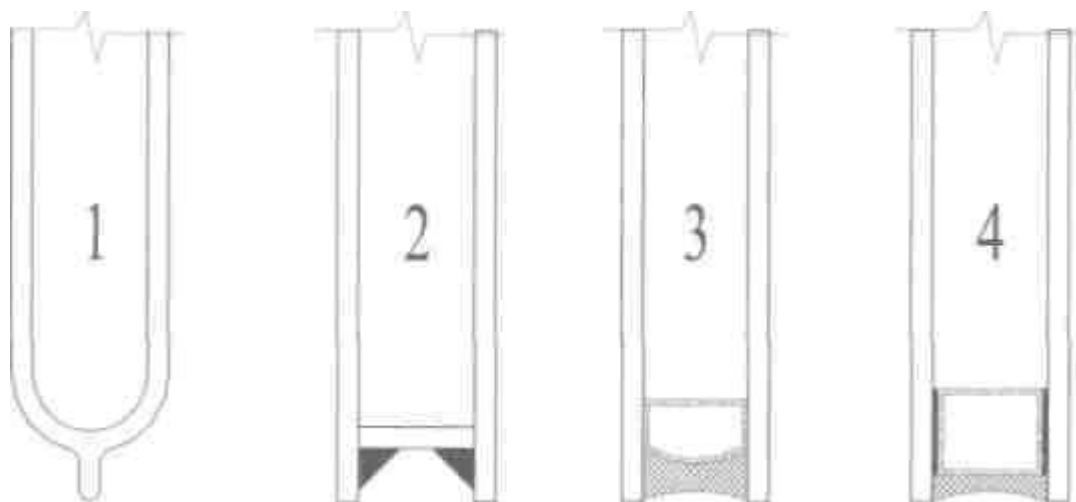


Рисунок 1 – Стеклопакеты различной конструкции:
1 – заваренный, 2 – паяный, 3 – клееный с одинарной герметизацией,
4 – клееный с двойной герметизацией

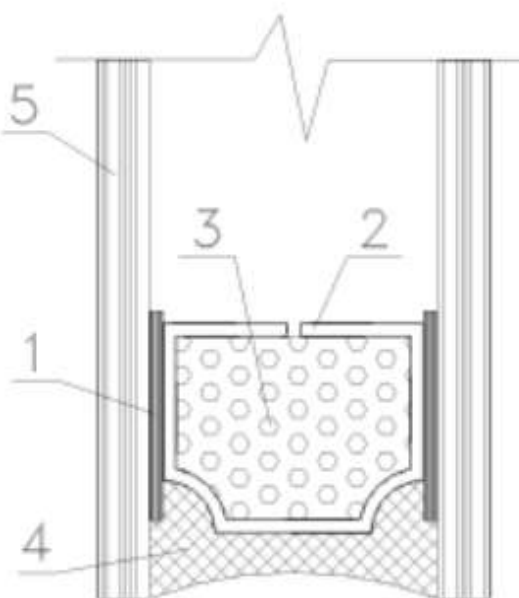


Рисунок 2 – Конструкция «склеенного» стеклопакета:
1 – внутренний бутиловый герметик (лента или мастика), 2 – дистанционная рамка (алюминиевый или гальванизированный стальной профиль),

- 3 – осушитель (силикагель), 4 – внешняя герметизирующая мастика,
5 – стекло

Производство современных стеклопакетов, применяемых в строительстве и имеющих конструкцию, показанную на рисунке 2, осуществляется в два этапа.

На I этапе на дистанционную рамку слоем толщиной приблизительно 4 мм, методом экструзии при температуре 120–140 °С наносится термопластичный однокомпонентный бутиловый герметик (полиизобутилен) или вручную с катушек наклеивается бутиловая лента (шнур). На этом же этапе дистанционная рамка заполняется осушителем (так называемым «молекулярным ситом» – веществом, близким по свойствам к известному в быту силикагелю), поглощающим влагу из воздуха, заполняющего воздушную прослойку. К предварительно обработанной рамке с двух сторон приклеиваются стекла.

На II этапе на автоматическом оборудовании или вручную наносится внешний герметик. Применяемые внешние герметики можно условно разделить на два основных класса – эластичные двухкомпонентные полисульфидные герметики (бутил + тиokol), твердение которых осуществляется за счет химической реакции между составляющими и однокомпонентные герметики на основе синтетического каучука, расплавление и отверждение которых являются физическими процессами (технология хот-мелт).

За счет использования осушителя воздух, находящийся внутри стеклопакета, практически полностью обезвоживается, и таким образом устраняется возможность выпадения конденсата между стеклами. Появление конденсата в межстекольном пространстве стеклопакета в процессе эксплуатации свидетельствует о грубых нарушениях, допущенных при его производстве – неполной герметизации или отсутствии осушителя.

Заполнение промежутка между стеклами газом осуществляется через специальные отверстия в дистанционной рамке в двух противоположных углах, которые затем герметизируются. Следует отметить, что на протяжении всего расчетного периода эксплуатации стеклопакета происходит постепенная естественная утечка газа из внутренней камеры и, наоборот – диффузия водяного пара, через микротрещины в герметике, вызванные напряжениями в краевой зоне (по контуру примыкания стекол к дистанционной рамке) под действием перепада давлений и температур. Для компенсации напряжений в краевой зоне необходим герметик с высоким модулем упругости, хорошо вос-

принимающий растягивающие усилия. В связи с этим можно также отметить, что прочностные свойства применяемого герметика определяют стабильность геометрических свойств пакета.

В этом отношении существенным недостатком герметиков системы "хот-мелт" следует считать размягчение при высоких температурах, которые могут быть вызваны воздействием солнечной радиации. Следовательно, можно говорить о том, что применение стеклопакетов с такими герметиками недопустимо в заполнении светопрозрачных кровель – где стеклопакет, установленный под наклоном, подвергается перегреву от солнца. В этом случае возможно "сползание" верхнего стекла и, соответственно, его разрушение.

Герметизация силиконом является наиболее старой технологией изготовления стеклопакетов. В настоящее время в незначительных масштабах применяется мелкими производителями окон.

В свое время перед разработчиками конструкций стеклопакетов встала очередная задача преодоления мостика холода в краевых зонах стеклопакетов с алюминиевой дистанционной рамкой. Попытки применять пластиковый разделительный профиль (так называемый «теплый край») привели к значительному удорожанию стеклопакета, технология так и не стала популярной у современных производителей светопрозрачных конструкций, но сама идея продолжала витать в воздухе.

Так в 1994 году состоялось первое представление технологии TPS (Thermo-plastic-Spacer) проведенное фирмой «Lenhard» входящей в концерн «Bystronic» в сотрудничестве с «Chemetall GmbH», которая разработала термопластичный герметик.

Эта технология одной из первых из стран СНГ пришла в Республику Беларусь в 2005 году, на ОАО «Гомельстекло» начато серийное производство стеклопакетов по TPS технологии.

Термопластичная система герметизации принципиально отличается от традиционной технологии отсутствием трех технологических операций: резки рамки, засыпки адсорбента и нанесения бутилового герметика и только два материала необходимы в качестве барьера против проникновения влаги и потерь газов — это бутиловый герметик для внутренней герметизации и полисульфид, как вторичный герметик (рисунок 3).



Рисунок 3 - Стандартный и TPS стеклопакеты

Приблизительно в то же время, что и TPS-технология на рынок выходят вакуумные стеклопакеты или стеклопакеты с вакуумной изоляцией (vacuum insulating glazing - VIG). Родоначальниками системы VIG является австралийская исследовательская группа Solar Energy Research Group при Университете Сиднея под руководством профессора Ричарда Коллинза, сделавшая это открытие около 20 лет назад.

В настоящее время именно эта технология считается наиболее перспективной, так как показывает лучшие теплотехнические характеристики при малой толщине стеклопакета.

1.2 Анализ современных разработок и технических решений в сфере энергосберегающих оконных систем

Известно, что до 15 % всех тепловых потерь из помещений зданий приходится на светопрозрачные ограждающие строительные конструкции (окна, двери, витражи и т.д.). Для уменьшения потерь в окнах стали широко применяться стеклопакеты различных конструкций.

Рынок светопрозрачных конструкций развивается в двух основных направлениях: на базе так называемых европейского и скандинавского подходов. Оценим возможности их применения в Республике Беларусь, а также альтернативный способ установки оконных блоков, учитывающий специфику белорусского строительства и климатических условий эксплуатации.

Требования строительных норм по теплотехнике направлены на увеличение значений сопротивления теплопередаче оконных блоков. Это потребует от проектировщиков выбора новых конструктивных решений, от компаний—

производителей окон – пересмотра подхода к изготовлению конструкций и комплектующих, от потребителей – дополнительных затрат.

Ранее уже обсуждались различные пути повышения энергоэффективности в области остекления [15–17]. Анализ ситуации, сложившейся на оконном рынке, выявил два основных направления развития светопрозрачных конструкций, условно которые можно назвать «европейский» и «скандинавский».

Европейский подход.

Основными характеристиками «европейского» подхода являются, прежде всего, увеличение ширины коробки – створки оконного блока; использование низкоэмиссионного стекла в стеклопакете с коэффициентом эмиссии до 0,01; переход к производству вакуумных стеклопакетов.

В конструкциях из ПВХ-профиля четко прослеживается переход в стандартном варианте от коробки шириной 58–62 мм к 68–76 мм, а в последних разработках – более 88 мм.

Улучшение теплотехнических характеристик профиля достигается увеличением количества камер с применением усилительных вкладышей из алюминия вместо стали с принципиально другим расположением (рисунок 4, а).

В последнее время в качестве усилительного вкладыша используется стеклопластик вместо стали (рисунок 4, б, в). В отечественных разработках применяется два вида усилителя: только в коробке (б) или в коробке и створке (в).

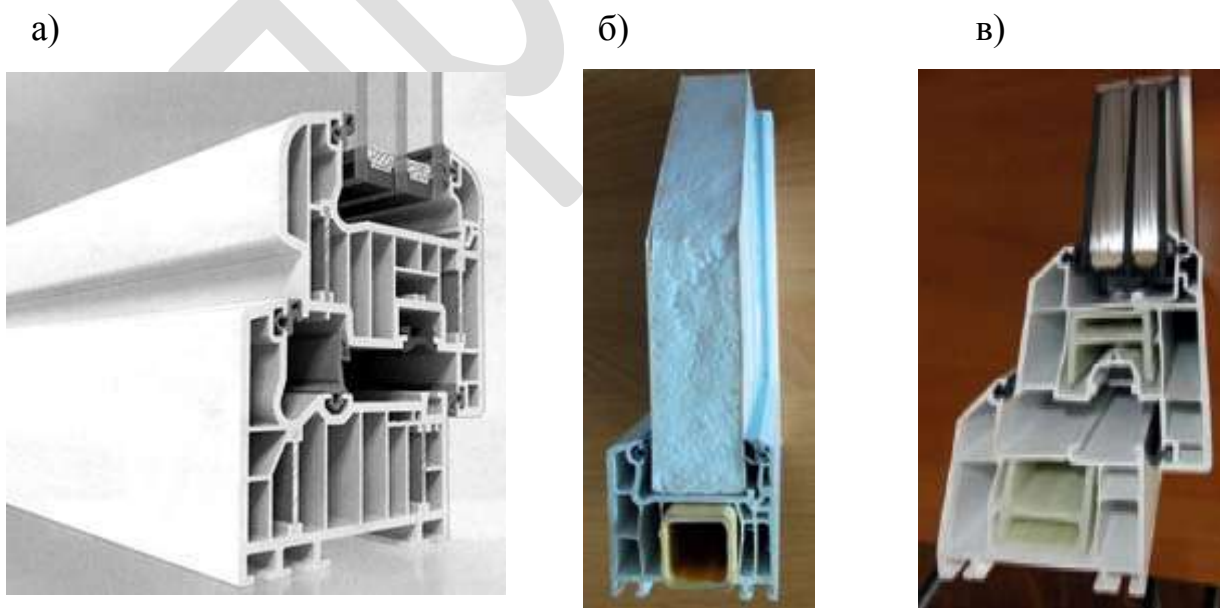


Рисунок 4 – Конструкции камер различных систем оконных профилей

1.3 Особенности конструирования стеклопакетов

В зависимости от теплотехнических, звукоизоляционных и других требований, в конструкции стеклопакета могут быть использованы два стекла, три стекла или два стекла и тонкая полимерная пленка вместо третьего и т.п. Пространство между стеклами может заполняться газами – аргоном, неоном, криптоном, гексафторидом серы. В стеклопакете в самых различных комбинациях могут быть установлены специальные стекла (рисунок 11).

Стеклопакеты классифицируются по количеству воздушных камер на однокамерные (два стекла) и двухкамерные (три стекла).

Необходимо отметить, что минусом энергосберегающего варианта может служить увеличенная масса створки, из-за увеличенной ширины коробки и стеклопакета. В результате этого необходимо выдвигать особые требования к фурнитуре окна, которая работает с повышенными нагрузками.

1.4 Назначение и классификация вентиляционных систем

Вентиляцией называется обмен воздуха в помещениях для удаления избытков теплоты, влаги, вредных веществ с целью обеспечения допустимых параметров микроклимата и чистоты воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне [5].

Система вентиляции представляют собой комплекс инженерных устройств, включающих воздушный тракт (воздуховоды), оборудование для обработки (очистки, нагрева) и транспортировки, подачи и удаления воздуха, а также сетевое оборудование (воздухоприемные, воздухораспределительные устройства, дроссель-клапаны и др.), и служат для обеспечения поддержания допустимых параметров микроклимата в помещении.

Задача вентиляции состоит в том, чтобы поддерживать необходимые параметры микроклимата и чистоты воздушной среды в помещении, отвечающие санитарно-гигиеническим и технологическим требованиям. Общая классификация вентиляции приведена на рисунке 12.

Четырьмя определяющими признаками классификации вентиляционных систем являются:

способ, которым перемещаются воздушные массы: механический или естественный;

назначение вентиляции: приточное или вытяжное;

территория обслуживания: конкретное помещение или общеобменная;

тип конструкции: бесканальная или канальная, наборная или моноблочная.

Выбор вида вентиляции в каждом конкретном помещении, или в целом на объекте, обусловлен родом деятельности людей, которые в нем находятся, а также наличием в нем машин и механизмов.

Для обустройства многоквартирных жилых домов, как правило, применяется вытяжные вентиляционные системы с естественным побуждением. Приток воздуха в таком случае должен обеспечиваться за счет инфильтрации через неплотно прикрываемые окна и двери.

Определенные проблемы в использовании этого вида вентиляции были вызваны массовой установкой пластиковых дверей и окон, которые значительно уменьшили поток поступающего свежего воздуха.

Выходом стала установка в квартирах дополнительных модулей, которые обеспечивают приточную вентиляцию. Если вентиляционные каналы со своими задачами не справляются, то в домах устанавливают вытяжную механическую вентиляцию.

Чтобы обеспечить качественную вентиляцию в современных домах, где изначально запланирована установка герметически закрывающихся пластиковых окон и дверей, целесообразно предусматривать систему рекуперации.

Работа вентиляции проверяется при $+5^{\circ}\text{C}$, а также при более низких температурах наружного воздуха. При более высоких температурах данный процесс не нормируется - воздух в квартире очищается путем естественного проветривания.

Обязательно следует сказать о квартирах, оконные проемы которых оборудованы современными герметичными окнами со стеклопакетами. Если в такой квартире нет никаких приспособлений для проветривания, вентиляция ее ухудшается. Ведь если нет возможности поступления воздуха в квартиру, не будет работать и вытяжка из квартиры.

О факторах, связанных с отоплением. Разумеется, отрадно, что в стране осуществляется планомерная политика экономии энергоресурсов.

Но сначала была снижена нормативная температура теплоносителя, а уже потом началась работа по тепловой реабилитации жилья. Но снижение температуры внутри помещения сразу же сказывается на работе вентиляции, потому что естественная вентиляция работает за счет высоты столба воздуха от

решетки до устья вытяжной шахты, а также разности давлений, а значит, и температур наружного и внутреннего воздуха.

Как только внутри помещения снижается температура, сразу же ухудшается работа вентиляции. Налицо порочный круг: плохая работа вентиляции ведет к повышению влажности, а жильцы домов «старой» постройки, пытаясь как-то прогреть, просушить квартиру, прибегают к различным вынужденным мерам. В том числе - к почти постоянной эксплуатации газовых плит (в тех, разумеется, домах, где есть газ), а также электрических нагревательных приборов.

Прогрессирование же сырости ведет к увеличению теплопотерь. В данном случае поры материалов наружных ограждающих конструкций, обычно заполненные воздухом, заполняются влагой, теплопроводность которой в 25 раз больше теплопроводности воздуха.

Таким образом, работа вентиляции зависит от очень многих слагаемых факторов, поэтому в данной магистерской диссертации упор в исследованиях будет сделан на совместимость существующей системы вентиляции и установки новых герметичных окон.

2 ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ УСТАНОВКИ НОВЫХ ГЕРМЕТИЧНЫХ ОКОННЫХ БЛОКОВ И СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В МОДЕРНИЗИРУЕМЫХ ЗДАНИЯХ

2.1 Влияние параметров микроклимата на уровень воздушно-теплового комфорта в помещении

Оптимальный микроклимат в доме должен соответствовать некоторым условиям:

В помещениях должен быть чистый вентилируемый воздух – без пыли и грязи. Вредные и токсичные вещества в воздухе должны не превышать допустимое количество.

Кислорода в воздухе вентилируемых помещений должно быть не менее 22%, а углекислого газа не выше 0,2%.

Температура воздуха помещений должна колебаться в допустимых пределах, ночью – 18-20, а днем – 19-23 градусов Цельсия.

Допустимая скорость движения воздушных потоков – 0,1-0,12 метров в секунду.

Влажность воздуха в помещении должна колебаться в пределах – 40-60%.

Параметры микроклимата в помещениях жилых домов и воздушно-тепловой режим определяются не только работой систем отопления и вентиляции но и архитектурно-планировочными и конструктивными решениями этих зданий, а также теплофизическими характеристиками ограждающих конструкций. Кроме перечисленного, в жилых зданиях большое влияние на микроклимат оказывают особенности эксплуатации квартир жильцами. Совокупность этих факторов определяет эксплуатационные расходы теплоты и уровень воздушно-теплового комфорта. С учетом этого организация и рациональное поддержание воздушно-теплового режима в жилых зданиях является комплексной задачей. Однако действующая система нормативных документов, специализированная по отдельным разделам проектирования, не учитывает этой комплексности.

Проектирование систем отопления и вентиляции осуществляется в соответствии с требованиями СНБ. При этом используются справочные пособия к СНБ, справочники, рекомендательная и другая литература, содержащая методы теплового и гидравлического расчета систем, указания по их конструи-

рованию, характеристики оборудования. Перечисленные документы,

2.2 Влияние влажности в помещении на самочувствие человека

Сами пластиковые окна не способствуют образованию конденсата в помещении. Дело в том, что новые окна, изменив условия вентиляции, теплообмена, и микроклимат в вашей квартире, требуют изменения старых методов эксплуатации помещения.

Воздух всегда содержит некоторое количество водяного пара.

При определенной температуре в воздухе может содержаться не более некоторого количества водяного пара. При большем содержании влаги образуется туман (водяной пар), который оседает в виде воды на холодных поверхностях, таких, как окна или углы помещения (конденсационная вода, конденсат). Теплый воздух поглощает больше влаги, чем холодный.

Один кубический метр воздуха помещения может содержать при температуре 0°C максимально 4.8 г водяного пара, при температуре + 10°C уже 9.4 г, при 20°C даже 17.3 г.

Если воздух насыщен водяным паром, то его относительная влажность составляет 100%. Относительная влажность характеризует степень насыщения воздуха водяным паром при данной температуре. Относительная влажность воздуха играет важную роль в создании комфортных условий. Наиболее благоприятно человек чувствует себя при относительной влажности от 40 до 50%. Образование конденсата зависит от температуры в различных частях помещения. Если насыщение водяным паром происходит у поверхности окон, где относительно более низкая температура, то там осаждается влага, причем водяной пар превращается в мелкие капли.

Чем выше температура, тем выше равновесное парциальное давление пара.

Точка росы определяется относительной влажностью воздуха. Чем выше относительная влажность, тем точка росы выше и ближе к фактической температуре воздуха. Чем ниже относительная влажность, тем точка росы ниже фактической температуры. Если относительная влажность составляет 100 %, то точка росы совпадает с фактической температурой.

Диапазон комфорта.

Человек при высоких значениях точки росы чувствует себя некомфортно.

Таблица 1 – Восприятие человеком разной влажности

Точка росы, °С	Восприятие человеком	Относительная влажность (при 32 °С), %
более 26	крайне высокое восприятие смертельно опасно для больных астмой	65 и выше
24—26	крайне некомфортное состояние	62
21—24	очень влажно и некомфортно	52—60
18—21	неприятно воспринимается большинством людей	44—52
16—18	комфортно для большинства, но ощущается верхний предел влажности	37—46
13—16	комфортно	38—41
10—12	очень комфортно	31—37
менее 10	немного сухо для некоторых	30

В континентальном климате условия с точкой росы между 15 и 20 °С доставляют некоторый дискомфорт, а воздух с точкой росы выше 21 °С воспринимается как душный. Нижняя точка росы, менее 10 °С, коррелирует с более низкой температурой окружающей среды, и тело требует меньшего охлаждения. Нижняя точка росы может пойти вместе с высокой температурой только при очень низкой относительной влажности.

Решить эту проблему можно частым проветриванием, потому что более холодный воздух, после того как он нагревается в помещении, может принять еще много влаги. Чем больше влаги скапливается в помещении, тем чаще оно должно проветриваться. Чем холоднее наружный воздух, тем быстрее заканчивается процесс проветривания. При этом тепло почти не расходуется, потому что сам воздух аккумулирует только немного тепла, основное тепло в помещении аккумулируют стены. Однако охлаждению стен надо препятствовать, поэтому проветривание должно составлять от 5 до 10 мин.

2.3 Анализ совмещения наружной и внутренней температуры воздуха с границей точки росы

Точка росы воздуха – это температура, до которой должен охладиться воздух, чтобы содержащийся в нём водяной пар достиг состояния насыщения

и начал конденсироваться в росу. Чем выше температура и влажность воздуха, тем выше точка росы. Так при влажности воздуха 100 % точка росы будет равна температуре воздуха, то есть конденсат в комнате будет выпадать на поверхностях, имеющих комнатную температуру.

В таблице 2 приведены значения точки росы при различных значениях температуры и относительной влажности воздуха в помещении в диапазонах: температуры 18-24 °С; влажности 30-60 %.

Таблица 2 – Зависимость точки росы от температуры и относительной влажности воздуха в помещении

t, °С	Относительная влажность воздуха в помещении, %						
	Оптимальная				Допустимая		
	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
18	0,2	2,3	4,2	5,9	7,4	8,8	10,1
19	1	3,2	5,1	6,8	8,3	9,8	11,1
20	1,9	4,1	6	7,7	9,3	10,7	12
21	2,8	5	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9
22	3,6	5,9	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9
23	4,5	6,7	8,7	10,4	12	13,5	14,8
24	5,4	7,6	9,6	11,3	12,9	14,4	15,8

Пример: при температуре воздуха в помещении 20 °С и относительной влажности 45 % точка росы составляет 7,7 °С.

*В этом примере сопротивление теплопередаче окна (0,79 м²·°С/Вт) значительно ниже требуемого в нормативной документации – 1,0.

При тех же температурах, что и в приведенном выше примере, для окна из ПВХ с сопротивлением теплопередаче 0,6 м²·°С/Вт, значение точки росы будет 6 °С и выпадение конденсата возможно уже при относительной влажности воздуха 40 %.

Точку росы нельзя отрегулировать. Ее нет на окнах или в стеклопакетах. Ее можно увидеть только на графике, где кривая проведенная между осями температуры и влажности, разделяет зону сухую и зону, в которой начинается выпадение конденсата (рисунок 16).

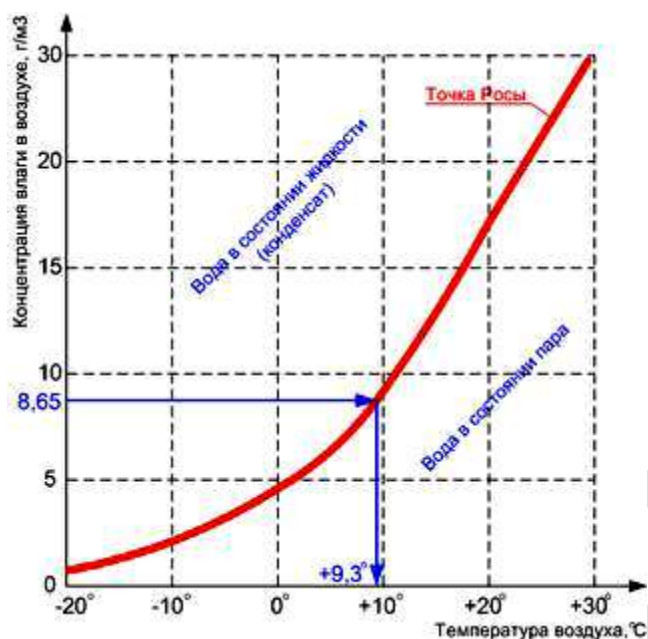


Рисунок 16 – Влагосодержание воздуха в зависимости от температуры

На образование конденсата влияют два фактора – температура и влажность. Дело в том, что поверхность стекол самая холодная поверхность в квартире, поэтому при повышенной влажности (а она должна составлять не более 40%) конденсат будет неизбежно выпадать и на окнах, как, например, на всех внесенных с улицы холодных предметах.

Установлено, что если система естественной вентиляции после установки новых пластиковых окон не справляется с вытяжкой и удалением лишней влаги из помещений, то тем выше становится относительная влажность воздуха в помещении и тем самым, особенно при понижении наружной температуры возрастает вероятность выпадения конденсата на окнах.

Такой анализ представлен в таблице 3.

Таблица 3.

Температура воздуха внутри помещения, °C	Температура внешнего воздуха, °C			Относительная влажность воздуха внутри помещения			
	-25	-10	0	40%	60%	75%	90%
	Температура на поверхности стеклопакета внутри помещения, °C			Точка росы, °C			
18	12	14,1	15,5	5	10	13,6	16
19	13	15	16,4	5,5	11	14,5	17
20	13,8	15,9	17,3	6,5	12	15	18,5
21	14,6	16,7	18,1	7	13	16,5	19,5
22	15,4	17,6	19	8,5	14,1	17,2	20,5
23	16,4	18,5	19,8	9	15,2	18	21,5
24	17,2	19,3	20,7	10	16,2	19	22

Для большей наглядности представим на графике правую часть таблицы 3, зависимость температуры точки росы и относительной влажности воздуха при разных температурах, рисунок 17.

Таким образом, на графике видно, что при повышении влажности воздуха, точка росы при постоянной температуре повышается, а температура на поверхности стеклопакета остается достаточно низкой для того, чтобы процесс конденсации влаги приобретал лавинообразный вид. Образуется не просто легкий конденсат, а устойчивые капли воды, соединяющиеся в итоге в струи стекающие по стеклопакету, штапикам и профилю.

Особенно это видно при резком понижении наружной температуры, например, в ночное время зимнего периода, в этом случае температура внутренней поверхности оконной конструкции, также значительно охлаждается, конденсат усиливается. Такая интенсивная влага приводит к возможному образованию вредных для здоровья грибков и плесени. А насыщенный водяным паром воздух питает влагой отделку стен и внутреннюю обстановку, что при регулярном резком колебании влажности воздуха может привести к преждевременному старению, как строительных конструкций, так и в целом всего помещения.

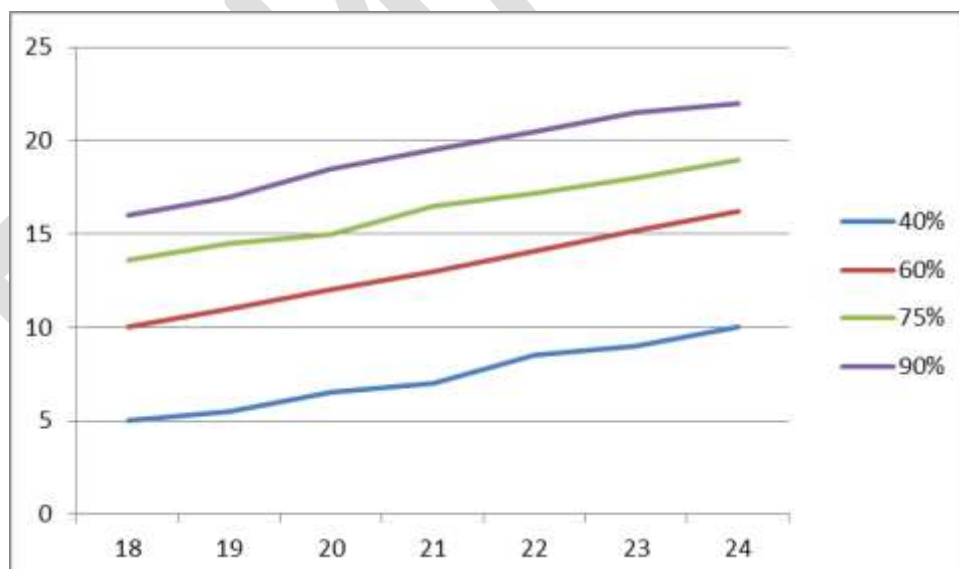


Рисунок 17 – Зависимость температуры точки росы и относительной влажности воздуха при разных температурах

2.4 Эксплуатационные причины образования конденсата на окнах

Основные причины, приводящие к повышению содержания водяного пара в воздухе квартиры:

Кухня: водяной пар образуется при приготовлении еды, кипячении белья.

Ванная: в ванной моются, стирают и сушат белье, что также ведет к образованию водяного пара.

Спальня: с поверхности человеческого тела во время сна испаряется от 1 до 2-х литров воды.

Во всех этих случаях необходимо проветривать помещение во время периодов повышенной влажности и сразу после этого.

Также причиной повышенной влажности в квартирах может быть:

Проведение ремонтов квартир с использованием влажных процессов таких, как штукатурные работы, окраска стен водно-дисперсными красками, побелка потолков, оклейка стен обоями и др.

Всевозможные перепланировки помещений, выполненные жильцами самостоятельно без учета норм проектирования, нарушение (разборка, перекрытие каналов) существующей системы вентиляции, снос межкомнатных перегородок

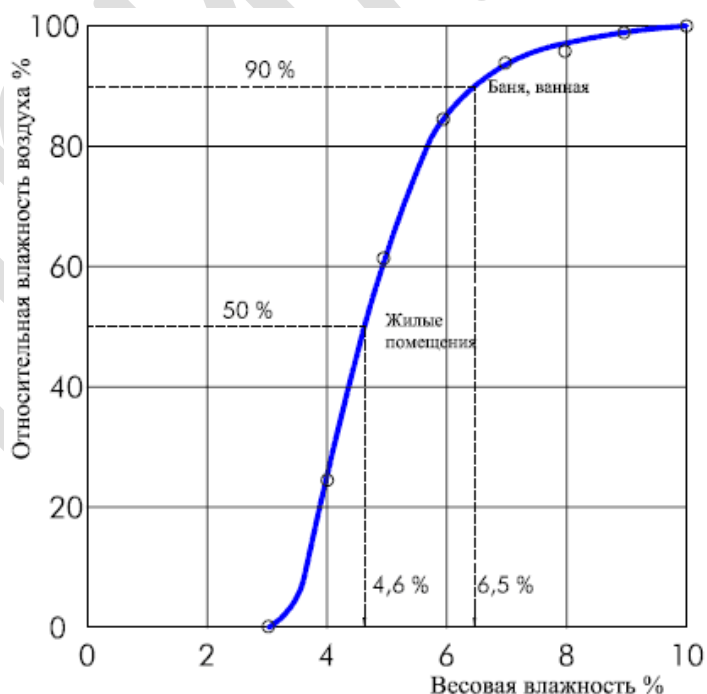


Рисунок 18 – Изменение влажности воздуха в зависимости от назначения комнаты

Часто замена радиаторов отопления на современные (импортные) производится жильцами без проведения соответствующих теплотехнических расчетов, что приводит к недостаточной теплоотдаче и соответственно к пониженной температуре в жилом помещении.

Радиаторы отопления выполняют очень важную функцию, обогревая оконный проем. Установка широких подоконников над радиатором отопления приводит к затруднению конвекции горячего воздуха от радиаторов, а значит, способствуют повышению влагосодержания.

В современных квартирах шторы и гардины часто касаются подоконника и тем самым перекрывают доступ теплого воздуха к оконному проему.

Установка на подоконниках горшков с комнатными растениями, содержание аквариумов не закрытых покрывным стеклом препятствующим испарению воды.

Выпадение конденсата в краевых зонах на внутренней поверхности стеклопакетов в зимний период эксплуатации, как правило, связано с наличием в их конструкции алюминиевой дистанционной рамки и условиями конвекции газозаполнения. Это явление учтено ТКП 45-2.04-43-2006, где предписано проводить обязательные расчеты узлов примыкания оконных блоков по поиску точки росы при определенных условиях комфорта помещений.

Вышеуказанный технический кодекс установившейся практики ограничивает возможность образования этого вида конденсата косвенно, устанавливая обязательные требования к приведенному сопротивлению теплопередачи оконных блоков. Стандарты на оконные блоки не нормируют образование конденсата, так как это явление зависит от комплекса сторонних факторов: влажности воздуха в помещении (как правило, выше 35-40%), конструктивных особенностей узлов примыканий оконных блоков, недостаточной конвекции воздуха по внутреннему стеклу (из-за широкой подоконной доски, неправильной установки отопительных приборов) и др.

При этом ГОСТ 24866-99 не допускает выпадение конденсата внутри стеклопакета, которое следует считать значительным дефектом, приводящим к снижению нормируемых эксплуатационных характеристик.

2.5 Особенности проектирования узла сопряжения оконного блока и наружной стены

Существующие узлы сопряжения по уровню теплозащиты условно можно разделить на два типа: холодные и утепленные.

Холодные узлы примыкания, как правило, устраивают в помещениях, где не предусматривается поддержание определённого температурного режима - бытовках, временных зданиях и пр. Однако в большинстве отапливаемых зданий и сооружений устраивают так называемый утепленный узел примыкания. Рассмотрим такой узел.

Узел примыкания занимает относительно небольшую площадь в наружном ограждении, но его конструкция оказывает существенное влияние на тепло-влажностное состояние системы "оконный блок + откос + стена". Так, например, если узел примыкания расположен у наружной или у внутренней поверхности светового проема, оконный блок будет находиться в зоне температур, при которых возможно выпадение конденсата на элементах оконного блока, на стекле, на внутренних поверхностях откосов, на стене и т.д.

Расположение оконного блока в проёме и конструкция узла примыкания являются основными параметрами, формирующими температурный режим в зоне установки светопрозрачных конструкций.

В широко распространенных ранее в строительстве конструкциях окон с отдельными деревянными переплётами термическое сопротивление рамы было сравнимо с термическим сопротивлением стены и, поэтому, местоположение окна "в четверти" (на расстоянии 12-13 см от наружной поверхности стены) было оправдано.

В современных окнах со стеклопакетами термическое сопротивление профиля рамы значительно ниже термического сопротивления по глади стены, поэтому устанавливать такие окна, таким же образом, как и старые окна с отдельными переплётами, нецелесообразно. К сожалению, в значительном числе типовых проектов зданий оконные проёмы рассчитаны под установку старых типов окон, в которые зачастую устанавливают современные более "тонкие" окна, не учитывая при этом их конструктивные особенности.

В каждом конкретном случае при монтаже окна в проем для принятия верного решения следует рассмотреть несколько вариантов устройства узла примыкания. Следует иметь в виду, что для каждой конкретной ситуации, учитывая конструкции окна, стены, назначение помещения, климатические условия места строительства, возможно найти оптимальное с точки зрения тепло-влажностного режима местоположение оконного блока. К сожалению, большинство вариантов установки окон, осуществляемых различными фирмами, не отвечают современным требованиям, а проведены по принципу "наименьшей трудоемкости". Именно такие - неправильные и "очевидные" случаи будут рассмотрены.

Выбор эффективной конструкции узла можно осуществить с помощью методов математического моделирования по различным специальным программным комплексам. Практически все такие комплексы позволяют провести теплотехнический расчет как оконного блока, так и окна в сопряжении со стеной с учётом конструкции узла и применяемых материалов.

При расчетах узла примыкания используются физические характеристики материалов, входящих в состав конструкции (коэффициент теплопроводности, степень черноты поверхностей и т.д. и т.п.). Для многих материалов эти данные уже могут содержаться в библиотеке программного комплекса, в других случаях они могут быть получены из справочников или экспериментально.

Моделируя различные конструкции узла примыкания и способы его устройства можно рассчитать вариант наиболее "теплого" узла, при котором будет обеспечен нормальный тепло-влажностный режим наружного ограждения в зоне окна (в зимний период не будет выпадения конденсата на раме и на внутренней поверхности откоса). В качестве иллюстрации возможностей расчетного метода при разработке эффективного узла примыкания, рассмотрим температурное поле стены в зоне окна при различных вариантах его установки, полученное с использованием программного комплекса ELCUT.

Модель для расчета представляет собой сложную геометрию, повторяющую примыкание оконного блока к стене с узлами сетки (конечные элементы) и показана на рисунке 19.

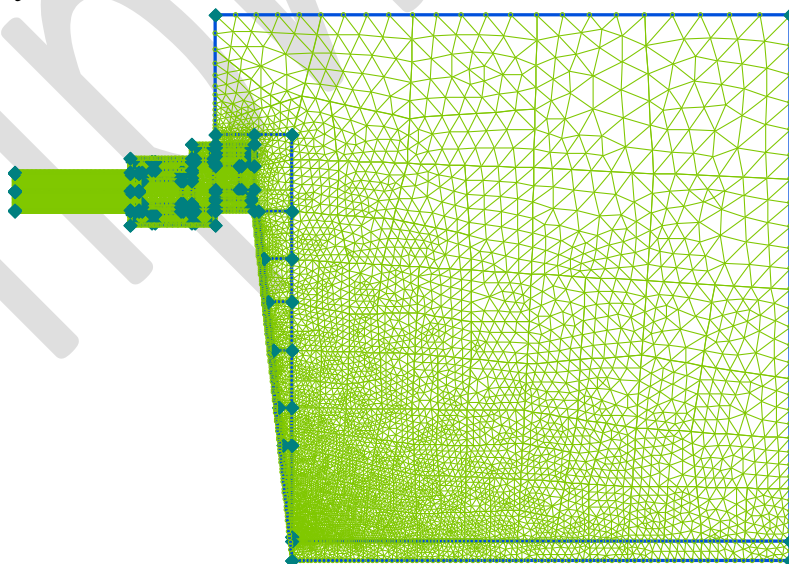


Рисунок 19 – Геометрическая модель с нанесенной сеткой узлов, для расчета температурных полей методом конечных элементов

После расчета результат для наглядности показан как температурные линии (изотермы). В данном случае на рисунке видно, что тепловая область, соответствующая изотерме $7.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, не выходит за границы внутреннего контура оконного проема, следовательно, на стеклопакете, профиле и внутренних откосах оконного проема такого варианта узла примыкания, при нормальной влажности, конденсат не образуется (рисунок 20).

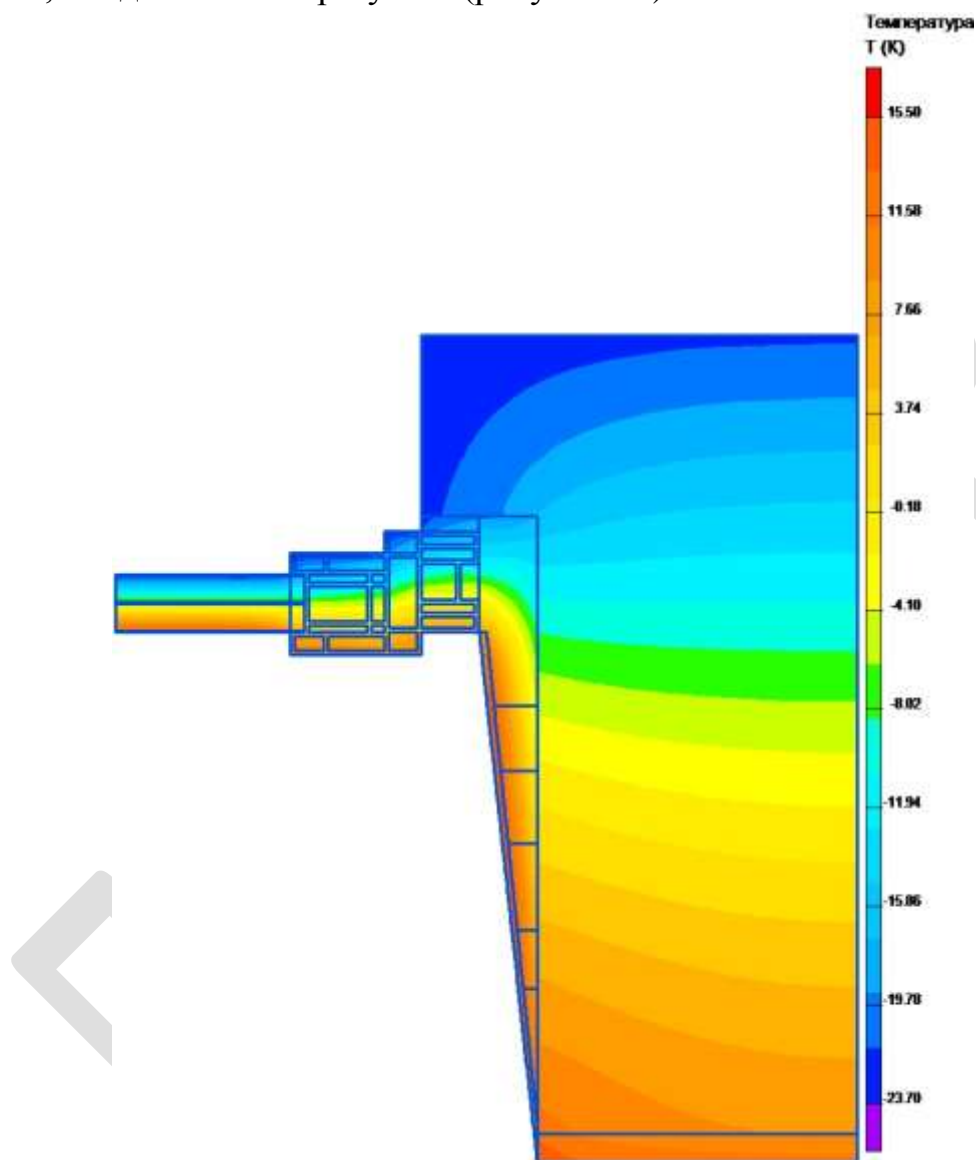


Рисунок 20 – Картина температурного поля модели с нанесенными изотермами, температурный шаг $2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Однако существенно изменить поведение изотермы могут различные варианты установки, обусловленные архитектурными решениями строения. Практически всегда наружная стена имеет, так называемую «четверть» оконного проема, но геометрические размеры, обуславливающие положение окна

по глубине проема, часто различны. Рассмотрим два варианта, где на рисунке 21 показаны зависимости поведения изотерм от глубины и толщины четверти.

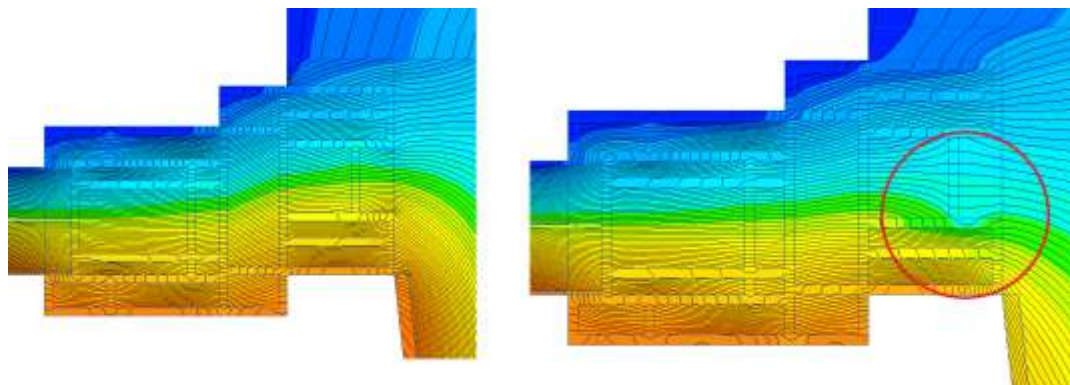


Рисунок 21 – На правом рисунке отмечен значительный «провал» в изотермах из-за маленького размера глубины четверти оконного проема

Отсюда видно, что место расположения оконного блока в проёме оказывает заметное влияние на тепло-влажностный режим наружной стены в зоне узла примыкания. На формирование тепло-влажностного режима окна большое влияние оказывает также сама конструкция узла примыкания и теплотехнические свойства используемых материалов. Используя метод математического моделирования при проектировании конструкции узлов примыкания оконных блоков к стене можно оперативно, при минимальных затратах времени провести анализ многочисленных вариантов монтажа окон и выбрать оптимальные, соответствующие конкретным условиям строящегося объекта.

2.6 Оценка работы системы вентиляции для разных конструкций оконных блоков

Методика исследований. В работе использовались Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий (утверждённые 29.08.2008г. Департаментом по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь).

Результаты исследований. В последнее десятилетие согласно программе энергосбережения выполняются работы по массовой замене окон в деревянных двойных переплетах на новые герметичные энергоэффективные, выполненные из различных материалов (ПВХ, дерево и др.) в жилых и общественных зданиях, построенных в прошлом века.

Экономический эффект энергосбережения от установки оконных блоков из ПВХ при представлении в проекте технико-экономического обоснования их внедрения достигается за счет:

- увеличения термосопротивления оконных блоков и уменьшения расхода тепловой энергии на компенсацию потерь теплоты;
- увеличения коэффициента воздухопроницания и уменьшения расхода тепловой энергии на нагревание наружного воздуха, поступающего путем инфильтрации через щели оконных проемов;
- увеличения срока службы и отсутствия эксплуатационных затрат (оклейка, покраска).

И если с последним пунктом все ясно, то к термическому сопротивлению и коэффициенту воздухопроницания оконных блоков возникают некоторые вопросы. Так, при замене окон в старых зданиях остается канальная система вытяжной вентиляции, которая была рассчитана на естественную инфильтрацию воздуха. И предприятия, проводящие модернизацию здания по теплоизоляции, никогда не поднимают вопрос об одновременной модернизации или изменении работы системы вентиляции.

Далее, конструкция современных пластиковых окон, с точки зрения энергосбережения, обладает явным преимуществом перед старыми деревянными окнами, в первую очередь, благодаря своей герметичности. Потери тепла в отопительный период в зданиях с установленными окнами ПВХ через светопрозрачные конструкции минимальны, а при применении энергосберегающего стекла и наполнения аргоном камер стеклопакетов достигают пренебрежительно малых значений. Однако если сравнивать работу вентиляции до и после модернизации здания, то повсеместно наблюдаются изменения в сторону ухудшения воздухообмена, но со значительным уменьшением теплопотерь (таблица 4).

Однако нормативный и расчетный воздухообмен чаще всего игнорируется проектировщиками, т.к. возникает необходимость учета этого изменяющегося фактора при разработке проекта модернизации здания с реконструкцией существующей системы вентиляции или установкой новой системы приточной вентиляции с системой рекуперации тепла (как пример). А это приводит к удорожанию проекта.

Поэтому неотлагательное требование времени – внедрение новых норм проектирования системы вентиляции в связи с изменением в сторону резкого уменьшения коэффициента инфильтрации воздуха через оконные и дверные конструкции и отсутствие организованного притока воздуха.

Таким образом, видно, что коэффициент полезного действия существующей естественной системы вентиляции значительно снижается. Решая проблему снижения теплопотерь через окна, строительные организации создают новую проблему, не менее значимую для комфортного проживания человека, – обеспечение нормальной воздушной среды.

Таблица 4 – Сравнительные характеристики окон различной конструкции

Конструкция окна	Термическое сопротивление R , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	Теплопотери Q , ГДж	Наличие инфильтрации	Оценка работы системы естественной вентиляции (КПД)
На деревянных переплетах	0,18	$Q_{\text{от}} = 0,1$ $Q_{\text{и}} = 1,2$ $\Sigma Q = 1,3$	Есть	1,0
Герметичные энергоэффективные пластиковые	1 (без клапана)	$Q_{\text{от}} = 0,02$ $Q_{\text{и}} = 0,08$ $\Sigma Q = 0,1$	Нет	0,1
Герметичные энергоэффективные пластиковые	1 (с клапаном)	$Q_{\text{от}} = 0,02$ $Q_{\text{и}} = 0,52$ $\Sigma Q = 0,54$	Частично	0,4

Опыт эксплуатации герметичных окон в нашей стране в сравнении с европейскими странами еще невелик, а потому и способы решения возникающих проблем еще не так остро стоят перед отечественными инженерами. В основном все рекомендации иностранных экспертов сходятся в одном: современные герметичные окна требуют особого подхода и их эксплуатация должна сопровождаться отдельной подготовкой, в том числе, и необходимостью соблюдения определенного набора правил.

Данные из наблюдений европейских специалистов, находящиеся в открытом доступе, собраны на основании эксплуатации индивидуальных домов и

малоэтажных застроек, но в любом случае, заслуживают внимания, и в наших вариантах многоквартирных застроек.

Начинать необходимо с обследования существующего здания или его проекта специалистами, обладающими знаниями специальных инженерных расчетов, прежде всего в области теплотехники и вентиляции. Устройство каждого функционального узла, будь то отопление или система рекуперации, правильно определено может быть только на основании построения модели для расчета.

Но есть некие базовые, простые принципы, соответствующие нормальной работе вентиляции без теплопотерь. Некоторые способы решения данной проблемы приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Способы решения проблем с комфортом воздушной среды

Предлагаемые решения по вентиляции	Основные	
	преимущества	недостатки
<i>С ручным управлением притоком воздуха</i>		
Щелевое проветривание	Нет затрат на оборудование и установку	Большие неучтенные тепловые потери
Приточные оконные клапаны	Постоянно-управляемые притоки воздуха	Уменьшение термического сопротивления окна
<i>С механическим побуждением</i>		
Приточная централизованная	Гарантированная подача расчетного расхода воздуха	Дополнительная прокладка воздуховодов, затраты электроэнергии
Вытяжная централизованная	Удаление загрязненного воздуха из помещений, простота в конструкции и эксплуатации	Необходим учет воздухопроницаемости оконных конструкций и входных дверей
Приточно-вытяжная с рекуперацией тепла централизованная	Гарантированный нормативный воздухообмен, фильтрация воздуха	Высокие затраты на оборудование, установку, эксплуатацию из-за неразвитости данной технологии

Поквартирная приточно-вытяжная с утилизацией тепла	Гарантированный нормативный воздухообмен с учетом изменения внешних факторов	Еще более значительное удорожание и отсутствие готовых инженерных решений для многоквартирной застройки
--	--	---

Предлагаемые решения улучшения вентиляции: установка окна в режим микропрветривания, установка приточных клапанов различной конструкции и др. не решают в полном объеме обозначенную проблему обеспечения требуемого норматива по вентиляции и воздухообмену [13].

Таким образом, создается устойчивое мнение, что создание необходимого микроклимата в помещении отдано на откуп производителям современных светопрозрачных конструкций, что является системной ошибкой. Главный фактор – теплоизоляция герметичного окна – нивелируется из-за устаревших подходов к проектированию систем вентиляции и отсутствию нормативной базы по одновременному решению задач энергосбережения и обеспечения воздушного режима в помещении.

3. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ОКОННЫХ БЛОКОВ ИЗ ПВХ

3.1 Общий подход

Любая ограждающая конструкция, в том числе и обычные пластиковые окна, в той или иной степени способствует стабилизации микроклимата, локализуя помещение и тем самым экономя энергию; соответственно, любая оконная система может называться энергосберегающей.

Установленные государством стандарты не дают четкого определения энергосберегающих окон, однако систематизируют их по ряду эксплуатационных свойств, в том числе и по сопротивлению теплопередаче.

Согласно классификации по сопротивлению теплопередаче (ТКП 45-2.04-43-2006 и СТБ 1108-98), пластиковые окна делятся на 2 класса: Т1 и Т2.

Классу Т1 соответствуют изделия с наибольшим сопротивлением теплопередаче ($1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ и более), классу Т2 — с наименьшим ($0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ и менее).

Конструкции класса Т1 лучше локализуют помещение, нежели конструкции класса Т2; соответственно, если вы желаете приобрести энергосберегающие окна, следует обратить внимание на класс изделия — он указывается первым под верхней чертой в паспорте изделия.

Сопротивление теплопередаче — лишь один из показателей, характеризующих способность конструкции к энергосбережению. Помимо этого, существует ряд дополнительных параметров, в том числе способность пропускать и отражать тепловую энергию.

Для улучшения данного показателя современные энергосберегающие окна оснащаются стеклопакетами со специальным покрытием. В зависимости от вида покрытия, различают стеклопакеты с *i*-стеклами и *k*-стеклами (другие названия — селективные стекла, *e-low glasses*). Индексом *k* обозначается стекло с твердым покрытием, *i* — с мягким покрытием.

Принцип действия таких стекол основан на оптических явлениях, связанных с переносом тепла. Работает это следующим образом: коротковолновое тепло беспрепятственно пропускается внутрь помещения, нагревая окружающие предметы; длинноволновая тепловая энергия, генерируемая отопительными приборами, частично отражается стеклопакетом внутрь помещения.

Экономический эффект от внедрения оконных блоков из ПВХ достигается за счет увеличения:

- термосопротивления оконных блоков и уменьшения расхода тепловой энергии на компенсацию потерь тепла;
- коэффициента воздухопроницания и уменьшения расхода тепловой энергии на нагревание наружного воздуха, поступающего путем инфильтрации через щели оконных проемов;
- срока службы и отсутствия эксплуатационных затрат (оклейка, покраска).

3.2 Определение экономии теплоэнергии и топлива за счет внедрения мероприятия

Расход теплоэнергии на компенсацию потерь тепла через оконные проемы, Гкал, определяется

$$Q = Q_{от} + Q_{и}, \quad (1)$$

где $Q_{от}$ – основной годовой расход теплоэнергии на компенсацию потерь тепла через ограждающие конструкции оконных проемов рассчитывается по формуле:

$$Q_{от} = F_o / R_T \cdot (t_{вн} - t_n) \cdot n \cdot T_{от} \cdot 10^{-6}, \quad (2)$$

где F_o – площадь ограждающих конструкций оконных проемов, м²;

R_T – сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций оконных проемов, м² °С ч/ккал;

$t_{вн}$, t_n – расчетные температуры воздуха внутреннего и наружного воздуха, °С;

n – коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждающих конструкций оконных проемов по отношению к наружному воздуху;

$T_{от}$ – длительность отопительного периода, суток.

Добавочный годовой расход теплоэнергии на нагревание наружного воздуха, поступающего путем инфильтрации через щели ограждающих конструкций оконных проемов, Гкал, рассчитывается по формуле:

$$Q_{и} = 0,24 A \cdot G \cdot F_o \cdot (t_{вн} - t_n) T_{от} \cdot 10^{-6}, \quad (3)$$

где A – коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока,

для окон и балконных дверей с отдельными переплетами $A = 0,8$,

Пример

Заключение

Результаты исследований, выполненных в магистерской диссертации, позволили сделать следующие выводы.

Установлено, что реальная воздухопроницаемость деревянных окон с двойным остеклением в отдельных переплетах в 12 раз выше, чем для оконных конструкций из ПВХ-профилей с двухкамерными стеклопакетами. Повышенная герметичность последних приводит к изменению температурно-влажностного режима в помещении и уменьшению КПД естественной вентиляции.

Анализ совмещения наружной и внутренней температуры воздуха с границей точки росы показал, что увеличение вероятности выпадения конденсата на внутренней поверхности окна при резком понижении температуры наружного воздуха от минус 25 °С и ниже, и параметрах внутреннего воздуха + 20 °С и влажности воздуха 45 %. Снижение инфильтрации воздуха через ПВХ окна, установленных в модернизируемых зданиях, приводит к нарушению работы естественной вентиляции.

С использованием метода расчета температурных полей (метод конечных элементов) показаны различные варианты установки окон для разработки и поиска эффективного узла примыкания блока к оконному проёму.

Приведены различные способы и дана качественная оценка решения проблемы восстановления нормального воздушного режима для помещений с герметичными окнами и вентиляционных систем такими как: ручное управление притоком воздуха, непосредственно в оконном блоке (с установленным приточным клапаном и без); механическая вентиляция без рекуперации и с возможностью централизованной или индивидуальной системы воздухообмена.

В идеале, решение проблемы вентиляции лежит в плоскости индивидуального отбора необходимой тепловой энергии рекуперированного воздуха при централизованной системе воздухообмена, исходя из личных потребностей и ощущений комфорта. Например, так же, как и в случае установки терморегулирующих клапанов на централизованные обогревательные комнатные приборы.

Появление таких технических решений дело времени и объединения усилий разработчиков современных норм систем теплотехники и вентиляции.

Подробно описана система расчета затрат тепловой энергии на отопление помещений с учетом различных условий инфильтрации оконных блоков,

при разработке экономического обоснования проекта замены существующих деревянных окон.

Показаны основные принципы достижения экономического эффекта от проведения такого рода энергоэффективных мероприятий. Дан анализ необходимых корректировок расчета дополнительного годового расхода теплоэнергии на компенсацию потерь тепла через ограждающие конструкции оконных проемов, при использовании дополнительных устройств постоянного притока воздуха (приточных воздушных клапанов).

ПРИМЕР

Литература

- 1 СНБ 1.04.01-04. Здания и сооружения. Основные требования к техническому состоянию и обслуживанию строительных конструкций и инженерных систем, оценке их пригодности к эксплуатации. – Минск, 2004.
- 2 СНБ 1.04.02-02. Ремонт, реконструкция и реставрация жилых и общественных зданий и сооружений. – Минск, 2002.
- 3 СНБ 2.04.02-2000. Строительная климатология. – Минск, 2000.
- 4 СНБ 3.02.04-03. Жилые здания. – Минск, 2004.
- 5 СНБ 4.02.01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2004.
- 6 ТКП 45-2.04-43-2006. Строительная теплотехника. – Минск, 2006.
- 7 ТКП 45-3.02-113-2009 Тепловая изоляция наружных ограждающих конструкций. Строительные нормы проектирования. – Минск, 2009.
- 8 ТКП 45-2.04-196-2010 Тепловая защита зданий. Теплоэнергетические характеристики. Правила определения. – Минск, 2010.
- 9 СТБ 939-93 "Окна и балконные двери для зданий и сооружений. Общие технические условия". – Минск: НПП РУП "Стройтехнорм", 1993.
- 10 СТБ 1108-98 "Окна и балконные двери из поливинилхлоридного профиля. Технические условия". – Минск: НПП РУП "Стройтехнорм", 1998.
- 11 Постановление Комитета по материальным резервам при Совете Министров Республики Беларусь от 27 февраля 2003 г. №6 "Об утверждении Инструкции о порядке поддержания оптимального температурно-влажностного режима, лабораторного и санитарного контроля в подчиненных Министерству по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь организациях, обеспечивающих сохранность государственного материального резерва". Приложение № 7, 2003.
- 12 Невзорова, А. Б. Инженерные сети и оборудование. Отопление, вентиляция и теплогасоснабжение: учеб. пособие / А. Б. Невзорова; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2009. – 243 с.
- 13 Совместимость герметичных оконных блоков и систем вентиляции // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. – № 1. – 2014. – Режим доступа: <http://www.c-o-k.ru/articles/sovместimost-germetichnyh-okonnyh-blokov-i-sistem-ventilyacii>. – Дата обращения: 12.04.2013.
- 14 Спиридонов, А.В. Возможности Ассоциации производителей энергоэффективных окон в экономии энергии при строительстве и рекон-

струкции зданий. // Строительные материалы XXI века, оборудование, технологии. – 200. – № 3. – С. 12–13.

15 Асеев, А. В., Дмитриев М. С., Миков В. Л. Повышение теплотехнических характеристик ПВХ–оконных блоков при применении стеклопластикового армирования // Светопрозрачные конструкции. – №5–6. – 2010.

16 Куренкова, А. Ю., Никитин А. К., Шовковый А. И. Проектирование и конструирование окон. Мысли вслух по результатам поездки в Финляндию // Светопрозрачные конструкции. – №2. – 2007.

17 Куренкова, А. Ю. Уроки 2010 года, или особенности изготовления оконных блоков из ПВХ–профилей шириной более 68 мм // Светопрозрачные конструкции. – №1–2. – 2011.

18 Куренкова, А. Ю. Пути энергоэффективного остекления. / А. Ю. Куренкова, А. Н. Кононова. – Энергосбережение. – 2012. – № 2. – http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=520

19 Белецкий, С.В. Проблемы воздухообмена и вентиляции в помещениях жилых и общественных зданий. Пути и методы их преодоления. – <http://airflow.by/articles/4>

20 Борискина, И.В. Проектирование современных оконных систем гражданских зданий./ И.В. Борискина [и др.]. – Киев: издатель Домашевская О.А., 2005.

21 Буданов Б.А., Тарасов В.А. Экономически эффективные окна. (Анализ экономической эффективности применения окон различных конструкций) // АВОК. 2009. № 5. – Режим доступа: <http://www.forec.ru/download/econom.htm>. – Дата обращения: 20.05.2013.

22 Табунщиков, Ю. А. [и др.] Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий. Режим доступа: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4360. Дата обращения: 20.05.2013.

23 Точка росы и конденсат на пластиковых окнах. Лаборатория института механики сплошных сред (ИМСС) УрО РАН. – Режим доступа: <http://expertest.ru/index.php/faq/tochka-rosy-i-kondensat-na-plastikovyx-oknakh>. – Дата обращения: 08.01.2014.

24 Спиридонов, А.В. Проблемы вентилирования помещений с герметичными окнами. // Оконная энциклопедия. 2007. № 1-2 (34). – Режим доступа: http://superspacer.projects.csfactory.ru/article_info-88-1.html. – Дата обращения: 20.05.2013.

25 Лобанов В.А. Проблемы нормирования воздухопроницаемости светопрозрачных ограждающих конструкций зданий. – Режим доступа: <http://mio-moscow.ru>. Дата обращения: 20.05.2013.

26 Малявина Е.Г., Бирюков С.В., Дианов С.Н. Воздушный режим жилых зданий. Учет влияния воздушного режима на работу системы вентиляции жилых зданий // АВОК. 2003. № 6.

27 Особенности различных схем организации воздухообмена (Статья "Аква-терм", №06, 2008). http://teplo.com/otoplenie_review188.html .

28 Кривошеин А.Д., к.т.н., Нагорный В.С. Приточные вентиляционные устройства – обзор некоторых решений и результаты испытаний // Свето-прозрачные конструкции. – №5-6. – 2009.

29 Ким, Л.Н. Проектирование узла сопряжения оконного блока и наружной стены с применением методов математического моделирования. (АПРОК-ТЕСТ) – <http://www.aprok.org/articles/article109.php>.

ПРИМЕР