

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

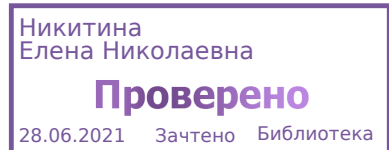
Наботов Парвиз Рустамович

Повышение энергоэффективности ограждающих конструкций  
малоэтажных зданий

Направление подготовки  
08.04.01 «Строительство»

АВТОРЕФЕРАТ  
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

2021



Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре  
государственный университет»

Научный руководитель: Сысоев Олег Евгеньевич  
доктор технических наук, доцент

Рецензент: Щербаков Иван Федорович  
начальник отдела проектных работ  
МКУ «Управление капитального строительства  
администрации города Комсомольска-на-Амуре»  
кандидат технических наук

Защита состоится «25» июня 2021 г. в 13 часов 00 мин. на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ФГБОУ ВО «КНАГУ» ауд. 212/1.

Автореферат разослан 18 июня 2021 г.

Секретарь ГЭК

И.В. Погорельских

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Самое перспективное направление по рациональному использованию и экономии топливно-энергетических ресурсов связано с энергосбережением в различных отраслях экономической деятельности. Свыше четверти потенциала энергосбережения сосредоточено в жилищно-коммунальном хозяйстве, а в строительстве и промышленности – свыше одной трети.

Основной массив эксплуатируемых зданий в нашей стране состоит из, так называемых, неэнергоэкономичных сооружений, возведенных из сборного железобетона и местных материалов, теплотехнические характеристики которых ухудшаются в процессе эксплуатации по причине или невысокого качества строительства, или ненадлежащей эксплуатации.

Значительную долю эксплуатируемого жилого фонда составляют малоэтажные здания, а от общего объема возведенного жилья в ряде регионов эта доля превышает 30%. Отличаясь экологической привлекательностью, малоэтажные здания по сравнению с многоэтажными имеют значительно большую удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию. Многие используемые объемно-планировочные решения по повышению энергосбережения многоэтажных домов малоэффективны при разработке проектов малоэтажных, тем более одно-, двух семейных домов с небольшим количеством квартир, которые из функциональных соображений, как правило, имеют небольшие размеры.

В существующей нормативной базе отсутствуют методики, в полной мере учитывающие влияние взаимосвязанных процессов тепломассопереноса на тепловые потери через наружные ограждения, а также утилизацию тепла уходящего воздуха и использование рассеянной энергии природной среды для дополнительного обогрева помещений. Этим определяется актуальность поставленных задач по повышению тепловой эффективности малоэтажных зданий.

**Степень разработанности темы исследования.** Определенное влияние на решение проблемы повышения тепловой эффективности зданий оказали

многочисленные работы отечественных и зарубежных ученых, анализ которых позволил сформулировать задачи для дальнейшего исследования.

Многие аспекты вопросов, касающихся энергоэффективности зданий и их конструкций, освещены в работах отечественных ученых Фокина К.Ф., Васильева Б.Р., Богословского В.Н., Хлевчука В.Р., Самарина О.Д., Ливчака В.И. [22, 26, 44, 45, 104], Бодрова М.В., Иванова В.В., Куприянова В.Н., Лобова О.И., Ананьева А.И., Таурит В.Р., Уляшевой В.М. и зарубежных авторов: Бекмана У., Зоколя С.В., Андерсона Б., Клейна С. и др. [2, 5, 40, 67, 87].

Исследования этих ученых указывают на большие возможности использования двух принципов в архитектурно-строительном проектировании малоэтажных зданий: повышение тепловой защиты наружных ограждающих конструкций и конструктивные решения, приспособленные для использования рассеянной энергии природной среды. Однако в связи с недостаточной изученностью мероприятий по повышению тепловой защиты зданий и их технико-экономического обоснования, требуется дальнейшее исследование данной проблемы, что делает тему исследования актуальной.

**Цели и задачи исследования.** Целью диссертационной работы является повышение энергоэффективности ограждающих конструкций малоэтажных зданий. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать классификацию жилых малоэтажных зданий существующего жилого фонда г. Комсомольск – на – Амуре.
2. Разработать методику, оценке эффективности утилизации тепла подвальных помещений.
3. Выполнить анализ энергосберегающих решений, в том числе с использованием альтернативных источников энергии и определить экономический эффект их внедрения при строительстве и реконструкции малоэтажных гражданских зданий.
4. Создать программный продукт по оценке эффективности энергосберегающих решений и определению класса энергоэффективности малоэтажных жилых и общественных зданий

### **Научная новизна работы.**

Разработана методика по оценке эффекта утилизации тепла подвальных помещений с помощью воздуховода в подвальном помещении здания.

Уточнены закономерности процесса эксфильтрации воздуха через наружную ограждающую конструкцию верхнего этажа здания, влияющие на тепловые потери здания.

Установлена технико-экономическая эффективность использования и внедрения разработанных и ряда традиционных энергосберегающих решений в объемно-планировочных и конструктивных решениях малоэтажных зданий.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Разработана классификация жилых малоэтажных зданий существующего опорного фонда г. Комсомольск-на-Амуре.

Выявлена возможность переноса ряда подсобных помещений общественного назначения в подземное пространство с целью уменьшения площади отопления без заметного снижения функциональных требований к объемно-планировочным решениям.

Получены фактические показатели, характеризующие тепловую защиту эксплуатируемых малоэтажных зданий (на примере г. Комсомольск-на-Амуре), которые послужили основой для дальнейших методик расчета.

В результате анализа традиционных и разработанных энергосберегающих решений с использованием альтернативных видов энергии выполнен расчет и получен экономический эффект от их внедрения на этапах проектирования и реконструкции малоэтажных гражданских зданий.

Разработана методика расчета эффекта утилизации тепла в подземном помещении здания и методика оптимизации процесса эксфильтрации воздуха через наружное ограждение с целью экономии тепловой энергии в отопительный период.

Разработан программный продукт «Расчет энергоэффективности зданий и сооружений – 2021» по определению и повышению класса энергетической эффективности малоэтажных зданий путем использования энергосберегающих

решений.

### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Результаты исследования уровня тепловой защиты эксплуатируемых малоэтажных зданий гражданского назначения г. Комсомольск-на-Амуре

2. Методика экономии тепловой энергии за счет использования тепла подвальных помещений.

3. Оценка обоснованности и целесообразности применения разработанных энергосберегающих мероприятий в объемно-планировочном и конструктивном решении здания.

4. Программный продукт, основанный на разработанных методиках и предназначенный для автоматизации и ускорения процесса выбора энергосберегающих мероприятий.

### **Внедрение результатов исследований.**

Разработанные методики энергосбережения и программный продукт для ЭВМ внедрены в учебный процесс при подготовке курсов лекций и практических занятий по дисциплинам «Строительная физика», «Архитектурно-строительные основы энергосбережения», «Архитектура», в курсовое проектирование по направлению «Строительство» для инженеров и бакалавров.

### **Апробация работы и публикации**

1. Наботов П. Р. Внедрение способов повышения тепловой эффективности зданий / П. Р. Наботов // Региональные аспекты развития науки и образования в области Р326 архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Комсомольск-на-Амуре, 16-17 декабря 2020 г. / редкол. : О. Е. Сысоев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2021. – 401 с.

2. Наботов П. Р. Проблемы энергоэффективности малоэтажных зданий/ П. Р. Наботов // Региональные аспекты развития науки и образования в области Р326 архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Комсомольск-на-Амуре, 16-17 декабря

2020 г. / редкол. : О. Е. Сысоев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2021. – 401 с.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, три глав, основных выводов по результатам исследований, списка литературы из 111 наименований. Работа изложена на 120 страницах машинописного текста, содержит 54 рисунка, 10 таблиц, 1 приложения.

**Во введении** к диссертации обоснована актуальность темы исследования, описана степень ее разработанности, сформулированы цель и задачи работы, изложена научная новизна, обозначены теоретическая и практическая значимость работы, приведены методы и методология исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов.

**В первой главе** представлена концепция и обозначена актуальность малоэтажного строительства, рассмотрены способы повышения тепловой эффективности зданий, приведен отечественный и зарубежный опыт строительства зданий с энергосберегающими конструкциями. Разработана классификация жилого фонда по типовым сериям, этажности и этапам строительства в г. Комсомольск – на –Амуре.

Основной жилищный фонд в нашей стране состоит из большого количества различных построек, что затрудняет их классификацию. В связи с этим при проведении исследований часто предлагается классифицировать составляющие жилого фонда, поскольку такой неотъемлемый признак дает представление о конструктивном решении, пространственной планировке, объектах, материале компонентов подшивников и их окружения в течение определенного периода развития.

С учетом исторического анализа строящегося жилого фонда, статистических данных, а также собственных полевых исследований основной жилой фонд Комсомольска-на-Амуре описывает пять этапов строительства:

- 1) довоенный период (1932-1944);
- 2) послевоенный период (1944-1958 гг.);
- 3) первая очередь индустриального жилищного строительства (1958-1974 гг.);

- 4) вторая очередь промышленного жилищного строительства (1974-1990 гг.);
- 5) период строительства современного жилья (с 1990 г.).

В первый период (до войны) первые здания были построены в январе 1932 года, поселок Пермское, расположенный на левом берегу Амура, посетила правительственная комиссия, которая решила построить здесь Амурский судостроительный завод. Одновременно было принято решение о строительстве авиационного завода.

В мае 1932 года пароходы «Коминтерн» и «Колумб» доставили на берег Амура около тысячи первых строителей города. В настоящее время об этом событии напоминают мемориальный камень и памятник первым строителям города.

Добровольцы-комсомольцы приехали в дикую тайгу; они жили в бараках и армейских палатках. Покоряя время и преодолевая невзгоды, все жили в ожидании строительства гигантских заводов. Это была цель, ради которой они прибыли на суровый и необитаемый берег Амура.

12 июня 1933 года началось строительство Амурского судостроительного завода. Этот день - день рождения города Комсомольска-на-Амуре. Позже, 18 июля 1934 года, началось строительство еще одного завода-гиганта – авиастроительного.

Во время войны местные жители построили и отремонтировали 28 боевых кораблей, произвели 2757 боевых самолетов, построили 4 новых завода, снабдили фронт сталью, маслом, батареями, боеприпасами и другой военной продукцией.

Второй период (после войны) - формирование современной городской инфраструктуры. Строительство типовых двухэтажных домов и ремонт ветхих жилых домов изначально велось военнопленными. А в 1950-х годах кварталы всех двух- и трехэтажных многоквартирных домов начали строиться по типовым проектам. Эти типовые проекты стали первым шагом в направлении серийного проектирования, основанного на использовании сложных пространственно-планировочных решений, из которых возникла первая серия жилых домов. Через 10-15 лет после войны возникла значительная база урбанизации.

В целом жилые дома разных стадий строительства различаются этажностью и габаритами в плане, а значит, и общей площадью. За относительную стоимость



жилого фонда принимается общая площадь жилых домов за данный период строительства. Это четко показано на схеме на рисунке 1.

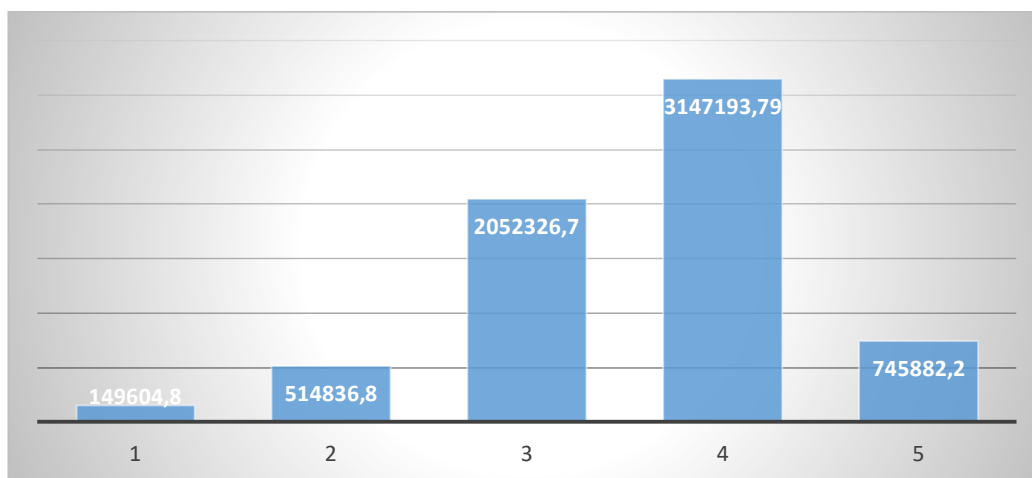


Рисунок 1 - Показатель общей площади (м<sup>2</sup>) зданий по периодам строительства для г. Комсомольск-на-Амуре

Из диаграммы видно, что минимальное количество домов, построенных в первые четыре периода - до революции, после революции, до войны и после войны, и с конца 50-х годов XX века - намного выше. Очевидно, что в жилых домах, построенных на последних трех этапах, проживает большое количество горожан.

#### **Жилые здания первого периода индустриального домостроения**

Осуществлена первая очередь промышленного жилищного строительства в Комсомольске с возведением жилых домов высотой до четырёхэтажен в серии 1-447 (рисунок 2).

Первую версию зданий этой серии строили с глубокой крышей, а позже с невентилируемой крышей. Позднее были построены модификации этой серии, а также четырёхэтажные здания с вентилируемыми крышами и односкатными крышами.

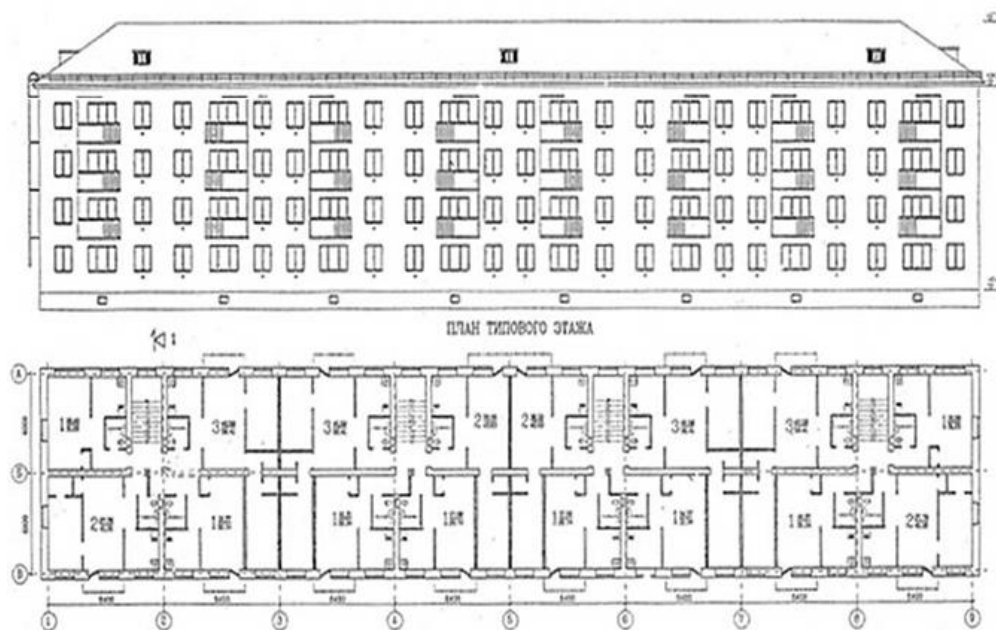


Рисунок 2 - Фасад и план жилого здания серии 1-447

Конструктивная схема такого типа сооружения является двойной и обладает длинной несущих стен. Основные конструктивные элементы - сборный железобетонный фундамент, плиты толщиной 220 мм, наружные и внутренние кирпичные стены. Высота этажа - 2,8 м, высота комнат - 2,5 м. Внешние стены жилого дома серии 1-447 построены из силикатного кирпича толщиной 550 мм. С учетом внутренней глиняной кладки полная толщина стен составляет 570 мм. По данным тепловых расчетов, тепловое сопротивление теплопередаче наружных стен составляет 0,978 м<sup>2</sup>°С/Вт.

Объемно-планировочные характеристики жилых зданий рассматриваемой серии сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Объемно-планировочные характеристики жилых зданий серии 1-447

Характеристики дома серии 1-447		Площади квартир общая жилая		
		1-комнатная квартира	2-комнатная квартира	3-комнатная квартира
Этажность	4/5	28-32/15-20	41-44/28-33	40-57/26-41
Высота этажа, м	2,7			
Наличие лифта	Нет			
Наличие балконов	Нет			
Количество квартир на этаже	4			

## Жилые здания второго периода индустриального домостроения

Примером жилых зданий, построенных во второй период индустриального домостроения, могут быть четырёхэтажные дома серии 86-04.01.86 (рисунок 3).

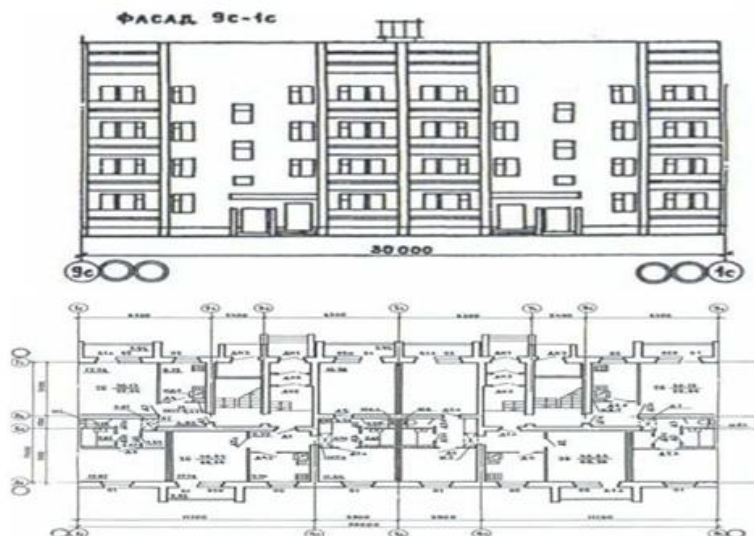


Рисунок 3 - Фасады и план жилого здания серии 86-04.01.86 второго индустриального периода домостроения

План строительства таких построек выполнен из кирпича с внешними и внутренними вертикальными стенами. Толщина наружных стенок 550 мм (с широким швом)

Жилые дома средней и высотной застройки, построенные в Комсомольске-на-Амуре в разное время, детально не изучены, так как предметом исследования являются малоэтажные жилые дома.

Анализ отечественных и зарубежных научных исследований по теме диссертации позволил сформулировать актуальные задачи для дальнейшего исследования:

– существует необходимость в дальнейшем повышении энергоэффективности малоэтажных гражданских зданий, имеющих по сравнению с многоэтажными менее благоприятную удельную теплозащитную характеристику, а также в более точной оценке технико-экономической эффективности проведенных энергосберегающих решений;

– нуждается в продолжении исследований проблема использования для малоэтажных зданий альтернативных источников энергии (тепла солнечной радиации и земляного массива), отличающихся небольшой тепловой нагрузкой.

Разработанная классификация жилого фонда по типовым сериям, этажности и этапам строительства в г. Комсомольск – на – Амуре показала, что он представлен большим массивом домов первого индустриального периода строительства, выполненных по конструктивной схеме с наружными несущими стенами из местных материалов, деревянными перекрытиями, крышами стропильной конструкции с засыпным утеплителем в «холодном чердаке».

**Во второе** главе была рассмотрена возможность использования тепла подземных помещений здания в целях снижения расхода на отопление.

В исследованиях отечественных и зарубежных ученых по передаче тепловой энергии земли в помещения здания рассматриваются преимущественно грунтовые теплообменники и теплонасосные установки, имеющие относительно большую стоимость и требующие проведения сложных буровых и монтажных работ. Известны также более экономичные инженерные решения систем утилизации тепла с помощью подземных туннелей или каналов.

Для оценки эффективности утилизации тепла, поступающего в подземное пространство здания со стороны окружающего земляного массива и через цокольное перекрытие, разработали расчетную модель, основанную на использовании воздуховода, который одним концом выводился через отверстие в стене подвала в наружную атмосферу, а другим – выходил в помещение первого этажа двухэтажного жилого дома.

Сущность разработанной модели построена на представлении, что на подогрев определенного объема вентиляционного воздуха, поступающего из такого воздуховода в обогреваемое помещение, будет затрачено меньшее количество тепловой энергии, чем на подогрев такого же объема более холодного воздуха, впускаемого через традиционное приточное отверстие в надземное помещение.

Температуру  $t_x$ , °С, нагреваемого воздуха в сечении  $x$  воздуховода определяли по формуле Богословского В.Н., использованной им для расчета среднесуточной температуры воздушных прослоек ограждающих конструкций:

$$t_x = t_c - (t_c - t_H) * e^{-Ax} \quad (1)$$

На подогрев наружного холодного воздуха  $w_{\text{вент}}$ , кг/ч, имеющего удельный вес

$\gamma_n$ , Н/м<sup>3</sup>, затрачивается количество тепла:

$$Q = 0.28w_{\text{вент}} \cdot \gamma_n \cdot c_B \cdot (t_B - t_n) \quad (2)$$

где  $t_B$  и  $t_n$  – температура внутреннего и наружного воздуха, °С;  $w_{\text{вент}}$  – расчетный расход воздуха, кг/ч;

$$w_{\text{вент}} = 3600 \cdot v_{\text{вп}} \cdot \rho_{\text{вп}} \cdot S \cdot c_B \quad (3)$$

где  $v_{\text{вп}}$  и  $\rho_{\text{вп}}$  – скорость, м/с, и плотность, кг/м<sup>3</sup>, воздуха в воздуховоде;  $S$  – площадь сечения воздуховода, м<sup>2</sup>;  $c_B$  – удельная теплоемкость воздуха, равная 1,005 кДж/(кг·°С).

Для проверки разработанной расчетной модели была сконструирована экспериментальная установка, состоящая из полиэтиленового воздуховода длиной 11 м, сечением 11 см и комплекта измерительных приборов. Вентилятор марки Домовент 125 ВКО обеспечивал циркуляцию воздуха, скорость которого измеряли с помощью электронного прибора «Метеометр МЭС–200», а температуру – посредством термометров RST 02103 с термосенсорами, которые закреплялись внутри воздуховода. Отверстия для ввода термосенсоров тщательно герметизировались. Измерения проводили при значениях температур наружного воздуха  $t_n = -2, -4, -6$  °С, и температуры воздуха подвала  $t_B = +9$  °С.

Результаты экспериментального исследования в натуральных условиях эксплуатации здания показали хорошую сходимость расчетных и экспериментальных значений величины  $t_x$ , °С, только при  $v_{\text{вп}} = 1$  м/с, что свидетельствует о возможности применения разработанной расчетной модели в диапазоне относительно небольших скоростей движения воздуха в воздуховоде (рисунок 4).

Полученные значения  $t_x$  на выходе воздуха из воздуховода дают возможность рассчитать эффект энергосбережения при утилизации тепловых потоков, поступающих в подвальное помещение.

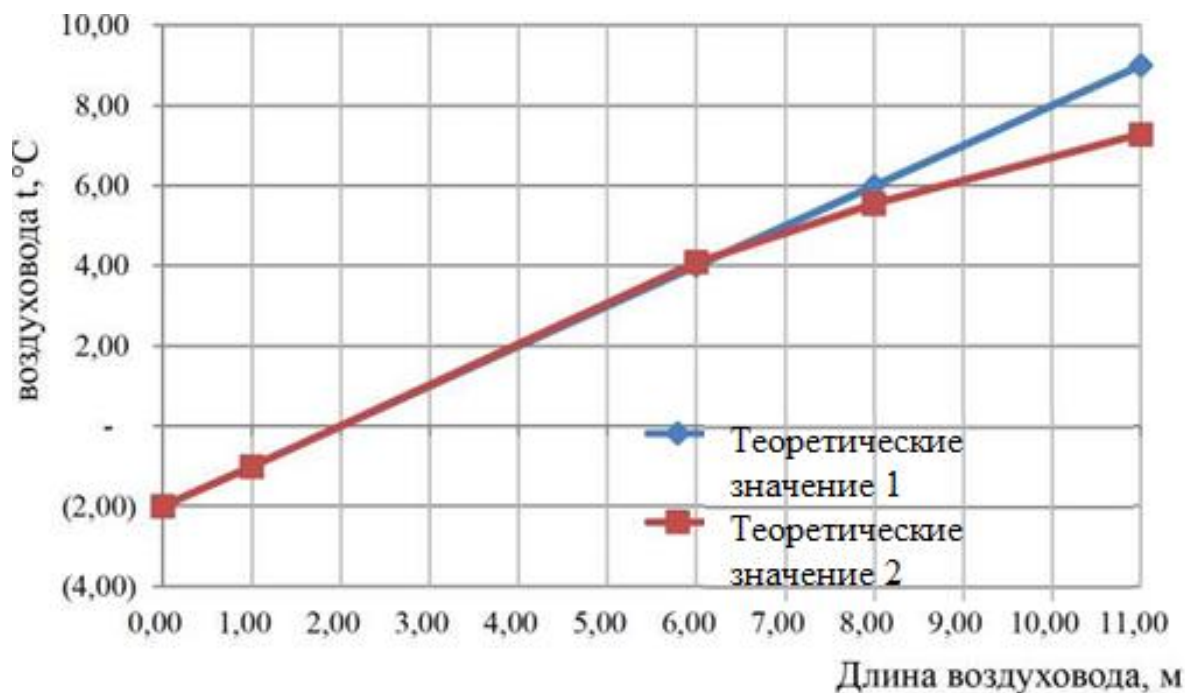


Рисунок 4 – График распределения температуры по длине воздуховода при скорости воздуха 1 м/с

Результаты расчета показали:

- при низких температурах наружного воздуха существенно увеличивается расход тепловой энергии  $Q$  на подогрев приточного воздуха по сравнению с ее величиной, затраченной при использовании тепла подвального помещения;

- экономия тепловой энергии при использовании рассмотренного способа энергосбережения и принятых исходных данных ( $t_n = -2$  °C,  $t_x$  на выходе  $+9$  °C) для жилого помещения может варьироваться в пределах 11–48%.

- расходы на устройство воздуховода и его элементов окупаются в течение одного отопительного периода (6-7 месяцев).

**В третьей главе** выполнена технико-экономическая оценка целесообразности внедрения энергосберегающих решений в архитектурно–строительном проектировании малоэтажных зданий.

Рассмотрены энергосберегающие решения: по переносу некоторых вспомогательных помещений из надземной части в подземное пространство здания, блокированию однотипных жилых домов, использованию теплозащитных штор и упрощенной конструкции плоского солнечного коллектора.

Эффект энергоресурсосбережение при блокировании объектов определили за

счет уменьшения площади теплоотдающих наружных ограждений и протяженности фундаментов под них. Использовалась линейная схема блокирования на примере коттеджного поселка, состоящего из десяти отдельно стоящих двухэтажных однотипных жилых домов с размерами в плане  $4,5 \times 8$  м и высотой 6 м. Наружные стены домов изготовлены из кирпичной кладки, фундаменты – из бетонных блоков.

Расчет показал, что при блокировании данных домов:

– эффект сбережения тепловой энергии может составить 33 % при условии идентичности теплозащитных характеристик их наружных ограждений;

– единовременные затраты на возведение фундаментов снизились на 28 %, а стен – на 37,8 % (в соответствии со сметно-финансовым расчетом, выполненным по действующим нормативным расценкам стоимости материалов, эксплуатации машин и труда рабочих на строительство отдельно стоящих зданий и сблокированного из них дома).

При использовании известных в практике проектирования конструкций теплозащитных штор эффект энергосбережения в темное время суток определили, оценив снижение тепловых потерь через окна в результате увеличения их сопротивления теплопередаче. Выполненный расчет указал на большую длительность срока окупаемости инвестиций  $T$  (до 39 лет) с учетом дисконтирования поступающих доходов даже при ориентации окон на южную сторону горизонта.

С целью снижения величины  $T$  рассмотрена целесообразность применения в качестве теплозащитных штор ближайшего аналога – светозащитных штор – при условии наклейки на ленты штор пенополистирольных полосок толщиной 2 см и пластмассовых направляющих, обеспечивающих плотное примыкание штор к откосам оконного проема. Для двухкамерного стеклопакета это позволило увеличить сопротивление теплопередаче с 0,55 до 0,9 ( $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ).

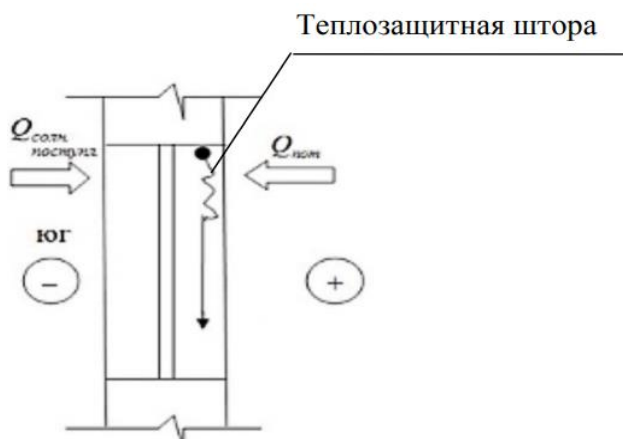


Рисунок 5 Схема окна с теплозащитной шторой

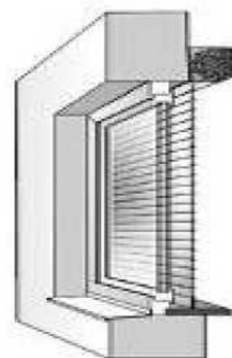


Рисунок 6 Окно с теплозащитной шторой

С учетом указанной доработки срок окупаемости таких штор составил восемь лет, а ежегодный расчетный промежуточный доход за счет экономии энергоресурсов – 153 руб./год с одного окна размерами 1400×1500 мм. При этом тепловые потери рассмотренного выше дома для коттеджного поселка при использовании теплозащитных штор в окнах снизились с 38717 до 36850 (кВт·ч)/год, то есть на 5 %, а для двухэтажного здания на 18 квартир экономический эффект может составить 14 тыс. руб. за отопительный период.

Известно, что широкое использование заводских конструкций плоского солнечного коллектора (ПСК) в энергоактивных зданиях сдерживается из-за его относительной дороговизны. Техничко-экономическую оценку эффективности упрощенного варианта ПСК1, выполнили в соответствии с комплексной методикой по обследованию и энергоаудиту реконструируемых зданий и методическими рекомендациями, по оценке эффективности инвестиционных проектов.

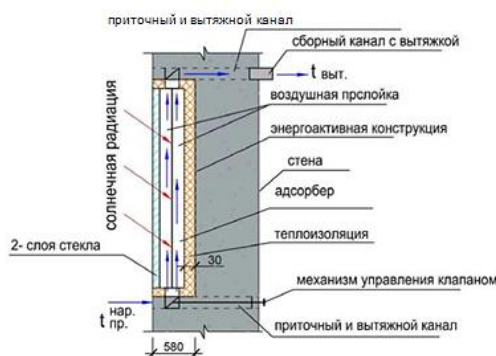


Рисунок 7 - Упрощенный проект плоского солнечного коллектора, разработанный в ПГУАС



Конструкция данного варианта коллектора изготовлена из общедоступных материалов. Короб теплоизолирован пенополиуретаном толщиной 30 мм и закрыт светопрозрачным покрытием из двух слоев оконного стекла. В верхней и нижней стенках короба имеются отверстия диаметром 20 мм для входа и выхода воздушного теплоносителя. В качестве адсорбера использован тонкий металлический лист, окрашенный в черный цвет с V-образной поверхностью, и высотой волны 16 мм. Размеры одного модуля коллектора 580×480×72 мм.

Результаты численного эксперимента, проведенного по вышеуказанной методике, подтвердили целесообразность использования разработанной конструкции ПСК на южном фасаде малоэтажного жилого здания (рисунок 8). Хотя ее КПД в среднем в 1,1 раза уступает известным конструкциям ПСК (Сокол, VFK 145V, Wolf TopSon, Vitosol), однако срок окупаемости относительно невелик (при суммарной площади облучения 35,4 м<sup>2</sup> для дома площадью 120 м<sup>2</sup> он составляет шесть месяцев, что практически совпадает с продолжительностью отопительного периода для II климатического района). Чистый дисконтированный доход его использования равен 32 820 руб.

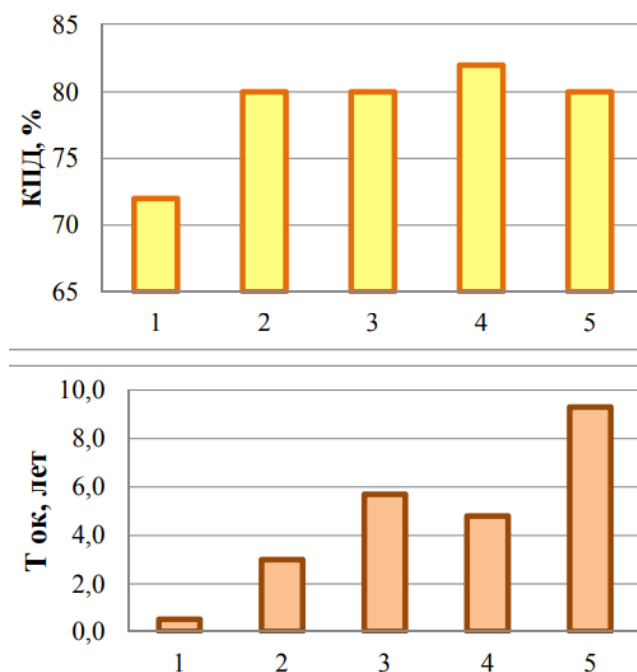


Рисунок 8 – КПД и окупаемость различных типов солнечных коллекторов:

1 – ПГУАС; 2 – Сокол; 3 – VFK 145V; 4 – Wolf TopSon; 5 – Vitosol;

В расчете по определению тепловой потребности малоэтажного жилого здания, тепловых потерь и теплопоступлений в него предложен критерий, оценивающий эффективность использования рассмотренных альтернативных источников энергии и энергосберегающих решений

$$K_{\text{эф}}^{\text{аэн}} = \frac{q_{\text{от}}^{\text{р}}}{q_{\text{от}}^{\text{р.аэн}}} \quad (4)$$

где  $q_{\text{от}}^{\text{р}}$  – расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания по нормам тепловой защиты зданий.

$$q_{\text{от}}^{\text{р}} = [k_{\text{об}} + k_{\text{вент.}} - (k_{\text{быт.}} + k_{\text{рад.}}) * v\zeta] * (1 - \xi) * \beta * h \quad (5)$$

$q_{\text{от}}^{\text{р.аэн}}$  – та же величина, но с учетом использования альтернативных источников энергии и энергосберегающих решений

$$q_{\text{от}}^{\text{р.аэн}} = [[k_{\text{об}} + k_{\text{вент.}} - (k_{\text{быт.}} + k_{\text{рад.}}) + k_{\text{ск.}} + k_{\text{шт.}} + k_{\text{пп.}} + k_{\text{уп.}} + k_{\text{бл.}}] * v\zeta] * (1 - \xi) * \beta * h] \quad (6)$$

где  $k_{\text{ск.}}, k_{\text{шт.}}, k_{\text{пп.}}, k_{\text{уп.}}, k_{\text{бл.}}$  - удельные параметры теплопоступлений от использования солнечных коллекторов, теплозащитных завес, а также теплосбережения от перемещения ряда полезных помещений в подземную часть здания, использования тепла его воздушного пространства и применения принципа блокировки здания.

Как показывают расчеты, для отдельно стоящего малоэтажного жилого дома значение коэффициента эффективности может находиться в диапазоне 1,05-1,4 при использовании рассмотренных энергосберегающих решений.

## Заключение

1. По результатам разработанной классификации жилых малоэтажных зданий существующего опорного фонда г. Комсомольск-на-Амуре и натурных исследований малоэтажных гражданских зданий выявлены причины снижения тепловой защиты их ограждающих конструкций. Визуальное обследование, инструментальные замеры и последующие расчеты позволили установить, что обследованные здания имеют низкий класс энергетической эффективности.

2. Разработаны методика и способы по расчету эффективности утилизации тепла подвальных помещений с помощью воздуховода. Применение такого

способа утилизации тепла позволяет за счет поступления подогретого воздуха из подвального помещения снизить затраты на отопление жилого помещения в пределах 11-48%.

3. На примерах малоэтажных жилых и общественных зданий выполнены расчеты технико-экономической эффективности, обосновывающие целесообразность внедрения традиционных и разработанных энергосберегающих решений в виде переноса подсобных помещений в подземное пространство здания, блокирования отдельно стоящих домов, использования на окнах теплозащитных штор, а на вертикальных наружных ограждениях - упрощенной конструкции плоского солнечного коллектора. Достижимый при этом эффект сбережения тепловой энергии находится в пределах 5-33%.

4. Предложен критерий, оценивающий эффективность использования в малоэтажном здании рассеянной энергии природной среды (тепло солнечной радиации и окружающего земляного массива) и энергосберегающих решений при выполнении расчетов по определению тепловых потерь, тепlopоступлений и тепловой потребности здания.

Разработанные мероприятия по повышению тепловой эффективности зданий могут быть использованы при разработке проектной документации, строительстве новых зданий, реконструкции и эксплуатации зданий существующего жилого фонда.

Разработанные методики энергосбережения и программный продукт расчета энергоэффективности зданий и сооружений – 2021 для ЭВМ внедрены в учебный процесс при подготовке курсов лекций и практических занятий, в курсовое проектирование по направлению «Строительство».

## Список публикаций автора

1 Наботов П. Р. Внедрение способов повышения тепловой эффективности зданий / П. Р. Наботов // Региональные аспекты развития науки и образования в области РЗ26 архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Комсомольск-на-Амуре, 16-17 декабря 2020 г. / редкол. : О. Е. Сысоев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2021. – 401 с.

2 Наботов П. Р. Проблемы энергоэффективности малоэтажных зданий/ П. Р. Наботов // Региональные аспекты развития науки и образования в области РЗ26 архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Комсомольск-на-Амуре, 16-17 декабря 2020 г. / редкол. : О. Е. Сысоев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2021. – 401 с.

3. Наботов П. Р., Сысоев О. Е., Добрышкин А. Ю., Программа для расчета энергоэффективности зданий и сооружений – 2021/ Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021618524 Заявка № 2021617434 от 04.05.2021 Приоритет 28.05.2021.