

Реферат

Хафизов А.А. Применение энергоэффективных облицовочных модулей при реконструкции зданий и сооружений – Челябинск: ЮУрГУ, АС-279, 69 с., 58 ил., библиогр.список – 22 наим., 6 прил.

Энергоэффективные облицовочные модули, энергоэффективность, энергоэффективные вентилируемые светопрозрачные ограждающие конструкции, селективное покрытие

Целью исследования является разработка более рационального метода по уменьшению энергетических потерь через ограждающие конструкции зданий и сооружений.

В данной научной-исследовательской работе произведена разработка концепции энергоэффективных облицовочных модулей для уменьшения энергетических потерь через ограждающие конструкции зданий и сооружений, а также уменьшение трудоемкости при монтаже и повышение ремонтпригодности при эксплуатации.

Произведен статический, теплотехнический, и экономический расчет разрабатываемой концепции.

АС-279.08.04.01.2018.167

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Стадия	Лист	Листов
Зав. каф.		Пикус					
Н. контр.		Кочарин				2	69
Руковод.		Кочарин			Южно-Уральский государственный университет (НИУ)		
Консульт.		Кочарин					
Разраб		Хафизов					

Применение
энергоэффективных
облицовочных модулей
при реконструкции зданий

4. Перечень вопросов, подлежащих разработке

Введение (актуальность, цель и задачи исследования, научная новизна).

Раздел 1. Обзор состояния вопроса, патентный поиск и постановка задач исследования.

Раздел 2. Разработка концепции

Раздел 3. Теплотехнический расчет.

Раздел 4. Экономическое обоснование разработанных предложений.

Раздел 5. Рекомендации по применению разработанной концепции.

Заключение.

Список литературы.

Приложения.

К выпускной работе могут быть приложены чертежи, плакаты, макеты, научные публикации автора, патенты или заявки на патенты с участием автора.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР И РЕЗУЛЬТАТЫ ПАТЕНТНОГО ПОИСКА	10
1.2 Анализ проектов энергоэффективной реконструкции зданий и сооружений.....	11
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ГЛАВЕ ОДИН.....	25
2 РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ.....	26
2.1 Цель и задачи исследования	26
2.2 Методика исследования	26
2.3 Исходные данные для разработки.....	26
2.4 Разработка узлов конструкции	27
2.5 Сбор нагрузок и статический расчет	34
2.5.1 Нагрузки от собственного веса.....	34
2.5.2 Ветровая нагрузка	35
2.5.4 Статический расчет.....	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ГЛАВЕ ДВА.....	51
3 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ	52
3.1 Сводные теплотехнические показатели до реконструкции	52
3.2 Сводные теплотехнические показатели после реконструкции с монтажом навесного вентилируемого фасада и заменой оконных конструкций на стеклопакеты с I-стеклом.....	54

АС-279.08.04.01.2018.167

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Зав. каф.		Пикус			Применение энергоэффективных облицовочных модулей при реконструкции зданий	Страница	Лист	Листов
Н. контр.		Кочарин				ВКР	6	69
Руковод.		Кочарин				Южно-Уральский государственный университет (НИУ)		
Консульт.		Кочарин						
Разраб		Хафизов						

ВВЕДЕНИЕ

Выполненная работа представляет собой разработку в области повышения энергетической эффективности зданий и сооружений.

Актуальность:

Распространенным решением на сегодняшний день одной из главных проблем отечественного строительного комплекса и ЖКХ, а именно модернизация зданий, построенных в эпоху индустриального домостроения, которые имеют огромные теплопотери через наружные ограждающие конструкции является пассивное утепление фасадов. Проведенный в 2011–2013 годах в Москве мониторинг затрат на отопление и вентиляцию осуществленных проектов (более 150 объектов) показывает как энергетическую, так и экономическую неэффективность такого подхода, что подталкивает на разработку более эффективных мер по повышению энергетической эффективности.

Целью исследования является разработка более рационального метода по уменьшению энергетических потерь через ограждающие конструкции зданий и сооружений.

Для реализации поставленной цели предполагалось решить следующие задачи:

- изучить имеющиеся данные по решению уменьшения энергопотребления
- изучить конструктивные особенности существующих методов уменьшения энергетических потерь через ограждающие конструкции.
- разработать и проверить на работоспособность более эффективное решение по уменьшению энергетических потерь через ограждающие конструкции.
- на примере реконструкции существующих типовых серий дать экономическую оценку выполненных мероприятий.

Научная новизна работы состоит:

- в разработке новых узлов облицовочных энергоэффективных конструкций.
- в уменьшении времени монтажа энергоэффективных конструкций, и повышении удобства в обслуживании.

Практическое значение работы состоит:

										Лист
										8
Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	ЮУрГУ - 08.04.01.2018.305-167				

В возможности использования результатов работы при реконструкции, а также проектировании зданий и сооружений.

						ЮУрГУ - 08.04.01.2018.305-167	Лист
							9
Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

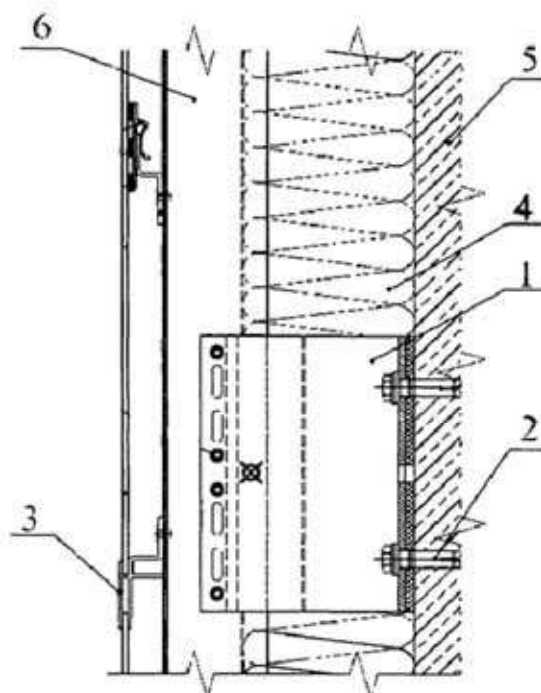


Рисунок 1.3 – Структурная схема прототипа RU 112 700. 1 – кронштейн. 2 – анкер. 3 – облицовочные панели. 4 – теплоизоляционный слой. 5 – существующая стена. 6 – воздушный зазор.

Данная система при установке в проектное положение требует большую трудоемкость поэтому требует большие затраты времени на монтажные работы.

Проведенный в 2011–2013 годах в Москве мониторинг затрат на отопление и вентиляцию осуществленных проектов (более 150 объектов) показывает как энергетическую, так и экономическую неэффективность такого подхода[4].

Для сокращения сроков проведения ремонта и выполнения работ с минимальными помехами для жильцов европейскими специалистами из Австрии, Чехии, Франции, Нидерландов, Португалии, Швеции и Швейцарии в рамках проекта Международного энергетического агентства Annex 50 программы ECBCS Annex 50 была разработана концепция капитального ремонта зданий с использованием модульных элементов, изготавливаемых в заводских условиях.

Швейцарская концепция.

Швейцарское решение основано на использовании небольших стандартизированных модулей (см. рис. 1.4)

Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Данный энергоэффективный модуль позволяет достичь показателей пассивного дома [7] за счет инновационной разработанной концепции называемой солнечная комбинированная система, основой которой является сотовая теплоизоляция из целлюлозы (см. рис. 1.10).

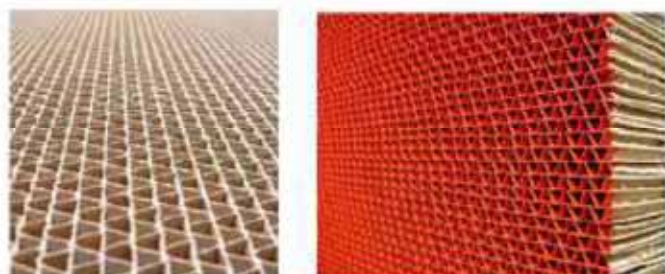


Рисунок 1.10 – Солнечная комбисистема.

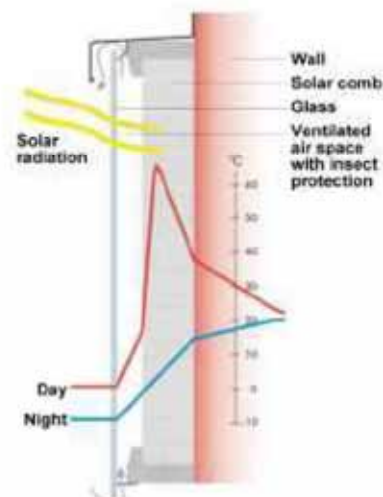


Рисунок 1.11 – Температурная кривая в течении дня и ночи.

Принцип работы заключается в следующем: свет от низкого Солнца над горизонтом зимой попадает через стеклянную панель и согревает сотовую теплоизоляцию. Таким образом температура снаружи минераловатного теплоизоляционного слоя модуля увеличивается. Разница температур между жилым помещением и наружной средой уменьшается следовательно и уменьшаются теплотери. Летом из за высокого расположением Солнца над горизонтом работа сотовой изоляции становится меньше[5].

Примером реконструкции по австрийским энергоэффективным облицовочным модулям может служить дом, находящийся по адресу Австрия, город Грац, улица Дизельвег. Помимо самих панелей при реконструкции на крышу здание установили солнечные панели.

Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата



Рисунок 1.12 – Реконструкция жилого дома по адресу г. Грац, ул. Дизельвег. Слева до реконструкции, справа после реконструкции.

Здание 1970 постройки до реконструкции потребляла $184 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ энергии. После реконструкции данный показатель опустился до $9,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$, что является хорошим результатом.[8]

Проанализировав вышележащую информацию по австрийским модулям, можно выявить несколько небольших недостатков данной системы:

- так же как и у швейцарских модулей, несущие элементы австрийских выполнены из древесины, а не из стальных конструкций, то данные модули передают чуть больше дополнительной эксплуатационной нагрузки на здание.

- Система нового фасада смешанная – перед монтажом фабричных модулей монтируют первый теплоизоляционный слой с использованием штепсельных анкеров, что влечет за собой повышенную трудоемкость при монтаже, по сравнению с использованием чисто фабричных модулей.

Французская концепция.

На 2010 год у зарубежных французских коллег, были проблемы следующего рода:

- большое количество старых построек, суммарно которые составляли 65% от общего строительного фонда на 2010 год [5];

- старый фонд потреблял около $250 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$, что гораздо больше планируемых для Евросоюза ($35 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$).

- реконструкция осложнялась тем, что из за большого разнообразия типов зданий и сооружений работы становились очень долгие сложные и дорогие.

Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Таким образом французским специалистам необходимо было изобрести модуль, который был бы достаточно гибким, чтобы удовлетворить большое разнообразие фасадов и решение было найдено. Модули имели ширину 60 см, а высоту эквивалентную двум этажам и выполнены из тонкостенных стальных конструкций см. рис.1.13.

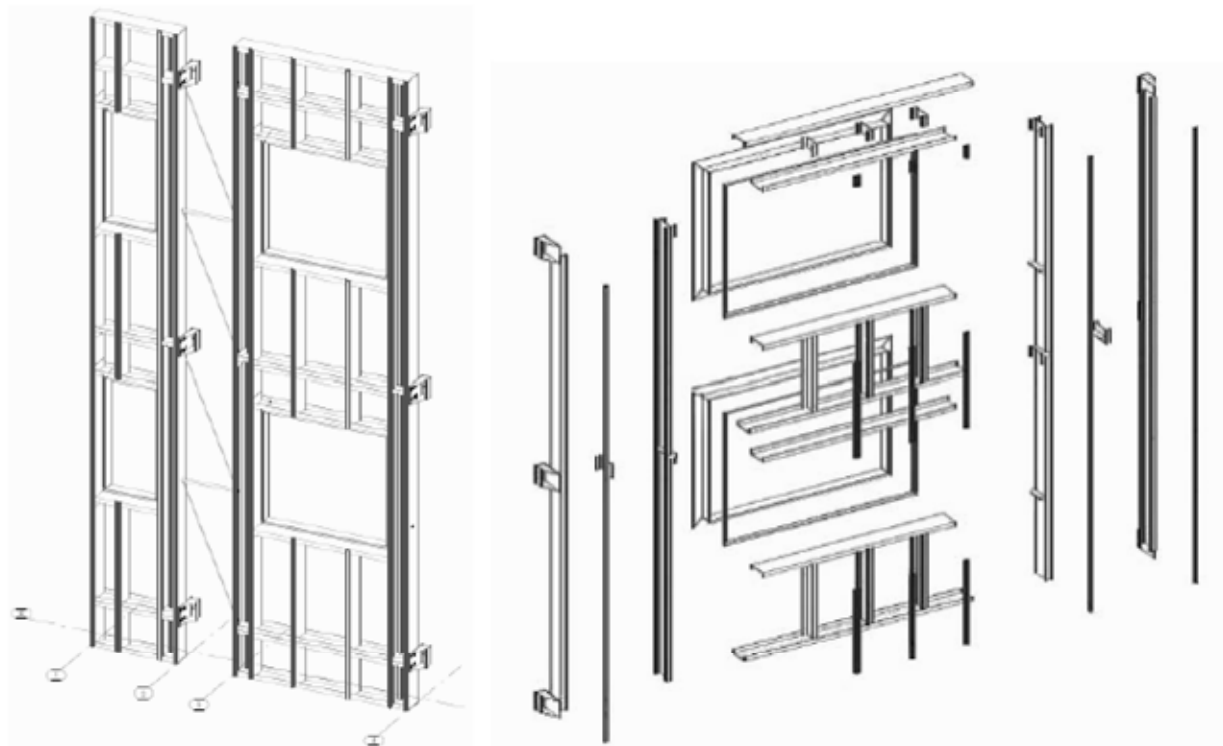


Рисунок 1.13 – Каркас французского модуля.

Чтобы не нагружать реконструируемое здание новыми эксплуатационными нагрузками модули располагались вертикально поверх другого, лишь раскрепляясь кронштейнами со стеной реконструируемого здания. Это ограничивало систему по высоте (28 м) и требовало использовать толщину конструкций от 1,5 мм до 2,5 мм, что сказывалось на экономической оценке. Для обеспечения несущей способности модули усиливались промежуточными стойками.

Помимо повышения энергоэффективности существующего здания данная концепция позволяет надстроить дополнительный этаж, где в качестве ограждающих конструкций будут использоваться модули.



Рисунок 1.14 – Реконструкция здания с надстройкой дополнительного этажа.

Перед монтажом на фасаде реконструируемого здания наносился первый теплоизоляционный слой толщиной 10 см. Слой крепился по традиционной технологии крепления с использованием штепсельных анкеров. Затем монтировались сборные фасадные модули. Расстояние между модулями не превышало 60 см, что позволяло использовать любые виды облицовочных материалов. В местах простенок между окон модули соединялись между собой связями для увеличения устойчивости(см. рис 1.13), пространство заполнялось утеплителем.

Металлические элементы фасада подвергаются температурным нагрузкам, приводящим к расширениям. Для решения этой проблемы было применено использование овальных отверстий для уравнивания температурных расширений.

Решение теплотехнических потерь через инфильтрацию стало установкой рекуператора (см. рис. 1.15).

Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Можно заметить, что для уменьшения теплотерь на нагрев инфильтрующегося воздуха вышеописанные методы используют рекуператоры.

На основе новых принципов проектирования ограждающих конструкций [9] стало возможным получить энергоэкономичные вентилируемые светопрозрачные конструкции (ЭВСОК).

На рис. 1.16 приведена конструкция ЭВСОК, практически не требующая изменений в профильных системах. Здесь совмещены рамы из ПВХ-профиля (слева с одинарным стеклом, справа – со стеклопакетом), между которыми и реализованы основные принципы продольно-поперечной вентиляции с активной рекуперацией теплового потока за счет усиления теплоотражения дополнительными экранами. Это достаточно простой способ модернизации светопрозрачной конструкции, однако достаточно затратный. Тем не менее и он окупается за короткое время за счет резкого повышения теплотехнических характеристик окна.

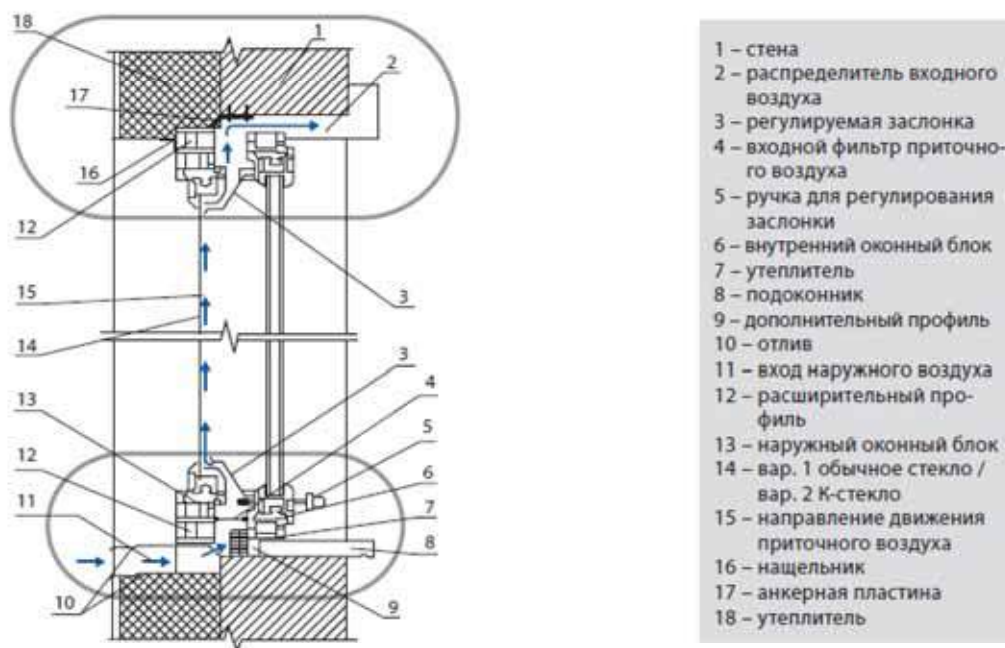


Рисунок 1.16 – Конструкция энергоэкономичных вентилируемых светопрозрачных конструкций.

Примером применения таких конструкций на практике является вентилируемое окно представленное на рисунке 1.17 [10].

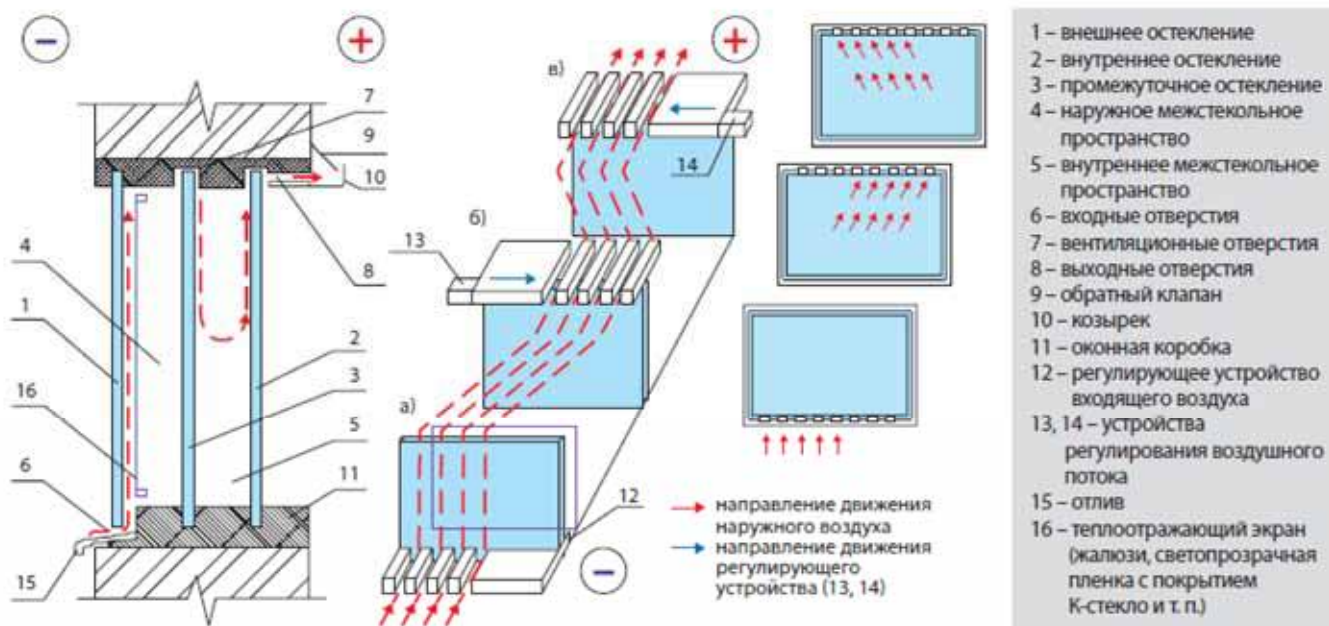


Рисунок 1.17 – Принцип действия энергоэффективной вентилируемой ограждающей конструкции (на примере патента РФ2295622).

В 2010–2012 годах были проведены серии экспериментов по определению эффективности системы с активной рекуперацией. Опытный образец представлял собой вентилируемое деревянное окно с тройным остеклением из листового стекла и съёмным теплоотражающим экраном (см рис. 1.17).



Рисунок 1.18 – Общий вид вентилируемого окна, используемого в системе активного энергосбережения.

Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Окно фактически становится приточным устройством системы вентиляции. При активной рекуперации теплоты поток наружного воздуха используется как удобный, безопасный и дешёвый теплоноситель, который осуществляет теплосъём со всего, что передаёт тепловая энергия в атмосферу. При этом повышается теплотехническая однородность и долговечность наружных ограждающих конструкций.

Исследователи провели три серии испытаний в климатических камерах. Результаты экспериментов для 10 различных вариантов исполнения опытного образца при разных режимах вентиляции (см. таблицу) представлены на рис. 1.17 [11].

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА					
Номер образца	Вариант исполнения		Параметры исследования		Вид вентиляции
	Наличие теплоотражающего экрана	Наличие вентилятора	Приток воздуха, м ³ /ч	Температура приточного воздуха, °С	
1	Нет	Нет	-	-	Вентиляции нет
2	Жалюзи из алюминиевой фольги	Нет	-	-	Вентиляции нет
3	Нет	На притоке	22,0	-6,6	Принудительный приток воздуха
4	Нет	На притоке	20,5	-8,9	Принудительный приток воздуха
5	Жалюзи с горизонтальными алюминиевыми ламелями	На притоке и вытяжке	30,8	-11,3	Принудительный приток и вытяжка воздуха
6	Жалюзи с горизонтальными алюминиевыми ламелями	На вытяжке	16,3	-1,2	Принудительная вытяжка воздуха
7	Жалюзи с горизонтальными алюминиевыми ламелями	На притоке	19,1	-5,5	Принудительный приток воздуха
8	Жалюзи с горизонтальными алюминиевыми ламелями	На вытяжке	19,7	-4,4	Принудительная вытяжка воздуха
9	Жалюзи из алюминиевой фольги	На притоке	22,0	-7,0	Принудительный приток воздуха
10	Жалюзи из алюминиевой фольги	На притоке	20,6	-6,8	Принудительный приток воздуха

Рисунок 1.19 – Результаты испытаний опытного образца.

Максимальное значение теплотехнической эффективности такого довольно несложного окна с обеспечением вентиляции межстекольного пространства составило 6,7 м²•°С/Вт, что в несколько раз выше показателей наиболее эффективных современных светопрозрачных конструкций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ГЛАВЕ ОДИН

Изучив конструктивные и технологические особенности можно сделать вывод, что облицовочные модули являются более эффективными в повышении энергоэффективности здания по сравнению с обычным навесным вентилируемым фасадом только когда используются с другими системами повышения энергоэффективности, такие как рекуператор и т.п. Но при этом энергоэффективные модули являются заводской продукцией, что повышает их качество выполнения и скорость монтажа на объекте.

Стоит отметить, что для уменьшения теплопотерь через ограждающие конструкции и уменьшения затрачиваемой энергии на нагрев инфильтрующегося воздуха необходимо использовать энергоэффективные вентилируемые светопрозрачные ограждающих конструкции, изготовление которых целесообразней в интеграции с энергоэффективными облицовочными модулями

Проблемой у всех вышеописанных демонстрационных проектов зарубежных модулей является их частично использование. У всех проектов было смешанное повышение теплосопротивление ограждающих конструкций, так как первый слой теплоизоляционного материала монтировался по технологии навесных фасадов. В связи с этим возникает задача в разработке концепции, в которой возможно полное использование фабричных элементов, в которые должны входить энергоэффективные вентилируемые светопрозрачные ограждающих конструкции.

2 РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ

2.1 Цель и задачи исследования

Целью исследования является разработка более рационального метода по уменьшению энергетических потерь через ограждающие конструкции зданий и сооружений.

Для реализации поставленной цели предполагалось решить следующие задачи:

- изучить имеющиеся данные по решению уменьшения энергопотребления
- изучить конструктивные особенности существующих методов уменьшения энергетических потерь через ограждающие конструкции.
- разработать модель энергетического паспорта и определить расчетные показатели расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию исследуемого дома в соответствии с настоящими нормативными документами.
- разработать и проверить на работоспособность более эффективное решение по уменьшению энергетических потерь через ограждающие конструкции.
- на примере реконструкции существующих типовых серий дать экономическую оценку выполненных мероприятий.

2.2 Методика исследования

В данном разделе на основе анализа недостатков существующих зарубежных энергоэффективных облицовочных модулей разработана более рациональная система.

2.3 Исходные данные для разработки

Исследовав варианты уменьшения теплопотерь зданий и сооружений через ограждающие конструкции, было принято взять за основу разработку фабричных модулей, поскольку навесные фасады показали энергетическую и экономическую неэффективность[4]. Исследовав проекты западных модулей, у всех трех были обнаружены общие недостатки:

Консоль представляет собой листовую сталь по ГОСТ 19903-2015. К консоли через болтовое соединение крепятся равнополочные уголки, в которых проделываются отверстия под шпильку. Расчеты в первом приближении в SOLIDWORKS показали, что уголки подвержены разрушению от усталости конструкции и разрушатся, приблизительно, после 6000 циклов нагружения ветровой нагрузкой. По этой причине было решено ввести ребра жесткости (поз.6).

Расстояние между уголками в свету должно равняться сумме высоты фитингов и установочных гаек плюс 15-20 мм с каждой стороны для возможности регулировки.

Фитинг выполнен из гнutoзамкнутого профиля с заваренными заглушками по торцам. До установки в проектное положение соединительный фитинг возможно регулировать на шпильке по высоте. Для универсальности кронштейна фитинг возможно регулировать радиально по отношению к стене реконструируемого здания. Для предотвращения самоотвинчивания гайки применяется контргайка или метод стопорения гайки через пластины.

В зависимости от применяемого утеплителя модуль можно разделить на 2 типовых конструкции:

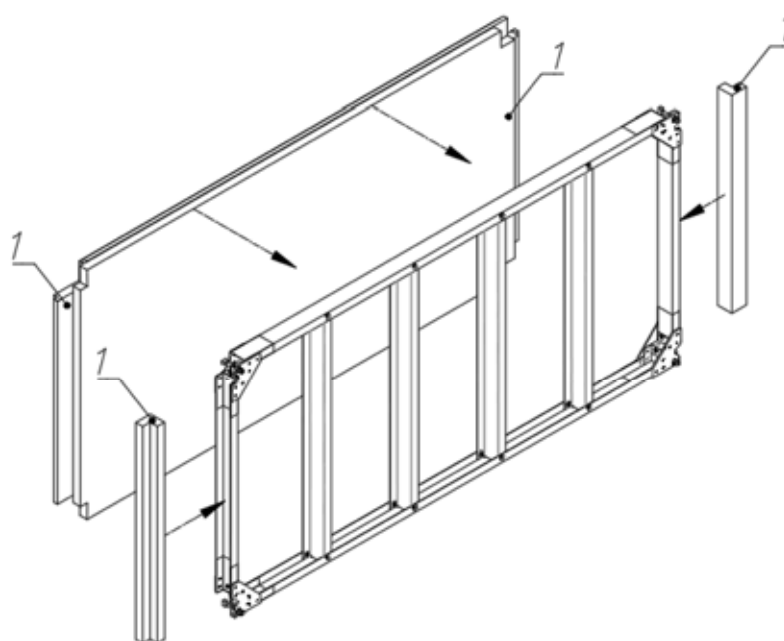


Рисунок 2.7 – Модуль М1 с теплоизоляцией. 1 – минераловатные плиты.

с внешней стороны возможно осуществить крепление вакуумной изоляции (см. рис. 2.8б).

Для уменьшения мостиков холода от стальных конструкций модуля было принято решение вынести 50 мм утеплителя со стороны реконструируемой стены за пределы несущего каркаса. Крепление к каркасу осуществляется при помощи шурупов и пластиковых шайб или клея-герметика. Вынесенные 50 мм так же выполняют роль установочного слоя, который сглаживает неровности стены, тем самым обеспечивая плотное прилегание модуля к реконструируемой стене.

Типовые схемы узлов разработанной концепции см. прил. А.

2.5 Сбор нагрузок и статический расчет

Найдем нагрузки от облицовочного модуля:

- размеры загрузочной площадки ВхН, мм = 3200х1500;
- материал облицовки – керамогранитные плиты толщиной 7 мм;
- несущий каркас – тонкостенные стальные гнутозамкнутные профили

2.5.1 Нагрузки от собственного веса

Вес облицовочных плит из керамогранита по ГОСТ Р 57141-2016, толщиной 7 мм равен:

$$q_w = w \cdot \gamma_f, \quad (2.1)$$

где:

$g_{\text{кер.}}$ – вес квадратного метра керамогранитной плиты толщиной 7 мм, $g_{\text{кер.}} = 16,8 \text{ кг/м}^2$

γ_c – коэффициент надежности, $\gamma_f = 1,1$;

$$q_{\text{кер.}} = 16,8 \cdot 1,1 = 18,5 \text{ кг/м}^2$$

Собственный вес металлических конструкций приложен с помощью функции «добавить собственный вес» в ПК «ЛИРА» с коэффициентом надежности по нагрузке 1,05

										Лист
										34
Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата					

2.5.2 Ветровая нагрузка

Расчет ветровой нагрузки будет производиться для IV района, так как основная масса капитальных строений на территории Российской Федерации находится в ветровых районах с I по IV.

Коэффициент от эквивалентной высоты ($z_e = 32$ м) принимается $k = 1$. табл. 11.2[13];

При расчете креплений элементов ограждения к несущим конструкциям в углах зданий должно учитываться местное отрицательное давление ветра.

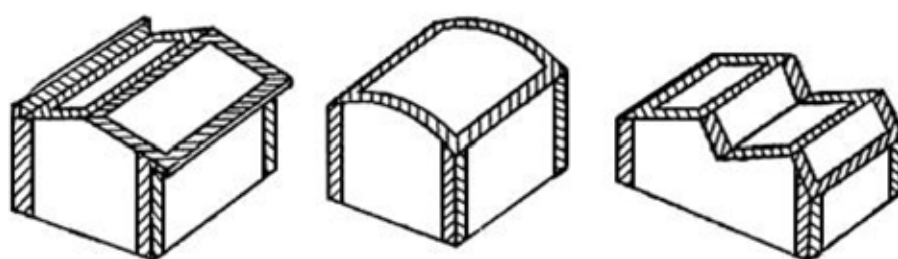


Рисунок 2.9 – Участки с повышенным отрицательным давлением для расчета креплений элементов.

По рисунку 3 прил. В[13] находим необходимые аэродинамические коэффициенты для расчета максимальных ветровых нагрузок:

s – аэродинамический коэффициент, для наветренной стороны $s = 0,8$, для боковой стороны здания в зоне А (отсос) $s = 1$.

Для вычисления нормативной ветровой нагрузки используется следующая формула:

$$q_w = w \cdot \gamma_f, \quad (2.2)$$

где:

γ_f – коэффициент надежности, $\gamma_f = 1,4$;

w – нормативное значение ветрового давления, определяется как сумма средней w_m и пульсационной w_p составляющей по формуле(3.3)

$$w = w_m + w_p \quad (2.3)$$

Для нахождения средней составляющей w_m используем формулу(3.4):

$$w_m = w_0 \cdot s \cdot k(z_e) \quad (2.4)$$

где:

w_0 – нормативное значение ветрового давления, по табл. 11.3[13] для IV ветрового района $w_0 = 0,48 \text{ кПа} = 48 \text{ кг/м}^2$, тип местности В (см.п.11.1.6 [13]);

$$w_{m \text{ нав.}} = 48 \cdot 0,8 \cdot 1 = 38,4 \text{ кг/м}^2$$

$$w_{m \text{ отс.}} = 48 \cdot 1 \cdot 1 = 48 \text{ кг/м}^2$$

Пульсационную составляющую ветровой нагрузки определим по формуле (3.5) в соответствии с примечанием к п. 11.1.8[13]

$$w_p = w_m \cdot \zeta(z_e) \cdot v \quad (2.5)$$

где:

$\zeta(z_e)$ – коэффициент пульсации давления ветра от эквивалентной высоты, по табл. 11.4[13], $\zeta(z_e) = 0,85$

v – коэффициент пространственной корреляции пульсации давления ветра, по табл. 11.6[13], $v = 0,91 \text{ м}$.

$$w_{p \text{ нав.}} = 38,4 \cdot 0,85 \cdot 0,91 = 29,7 \text{ кг/м}^2$$

$$w_{p \text{ отс.}} = 48 \cdot 0,85 \cdot 0,91 = 37,1 \text{ кг/м}^2$$

Нормативное значение ветрового давление по формуле(3.3) будет равно:

$$w_{\text{нав.}} = 38,4 + 29,7 = 68,1 \text{ кг/м}^2$$

$$w_{\text{под.}} = 48 + 37,1 = 85,1 \text{ кг/м}^2$$

Распределённая нагрузка на поверхность(3.2):

$$q_{\text{нав.}} = 68,1 \cdot 1,4 = 95,3 \text{ кг /м}^2$$

$$q_{\text{под.}} = 85,1 \cdot 1,4 = 119,1 \text{ кг /м}^2$$

Сила трения при боковом обтекании панели определяется по формуле:

$$w_{\text{тр}} = w_0 \cdot c_f \cdot \gamma_f \quad (2.6)$$

где:

c_f – коэффициент трения по прил. В [13], $c_f = 0,02$

$$w_{\text{тр}} = 48 \cdot 0,02 \cdot 1,4 = 1,3 \text{ кг /м}^2$$

2.5.3 Определение усилий

Расчет выполнялся с применением программного комплекса «ЛИРА», при помощи МКЭ.

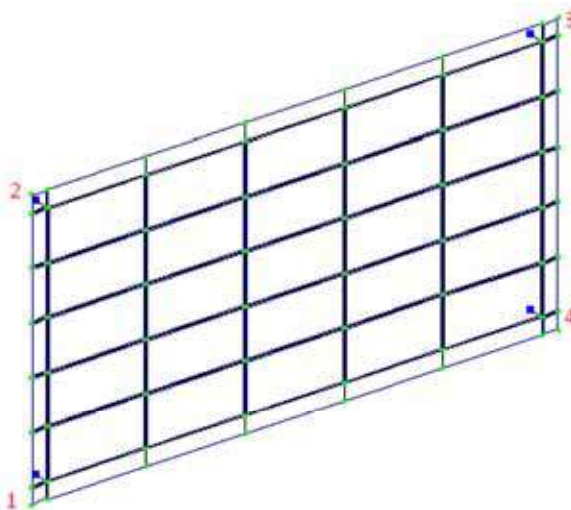


Рисунок 2.12 – Номера узлов.

Таблица 2.1 – Реакции в узлах наветренной стороны

ось	R, кгс			
	1	2	3	4
X	-590	-590	590	590
Y	131	131	131	131
Z	-287	287	-287	287

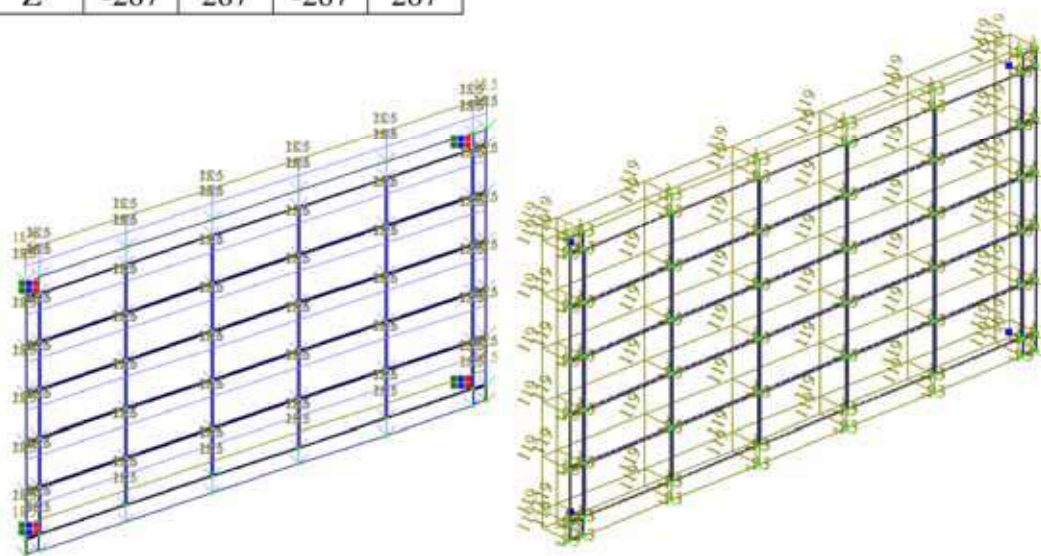


Рисунок 2.13 – Нагрузки боковой поверхности (отсос). Слева – собственный вес. Справа – ветер.

Реакции, возникающие в узле соединения облицовочного модуля и теплоизолирующего модуля для подветренной стороны представлены в таблице 2.2.

Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
------	--------	------	--------	---------	------

Таблица 2.2 – Реакции в узлах подветренной стороны

ось	R, кгс			
	1	2	3	4
X	636	655	-651	-632
Y	-154	-154	-154	-154
Z	19	-271	-271	19



2.5.4 Статический расчет

Для проверки на прочность применяем расчетные сочетания усилий с наибольшими нормальными и касательными напряжениями, найденные в ПК ЛИРА САПР. Локальные расчеты элементов от усилий выполняется в САПР SOLIDWORKS.

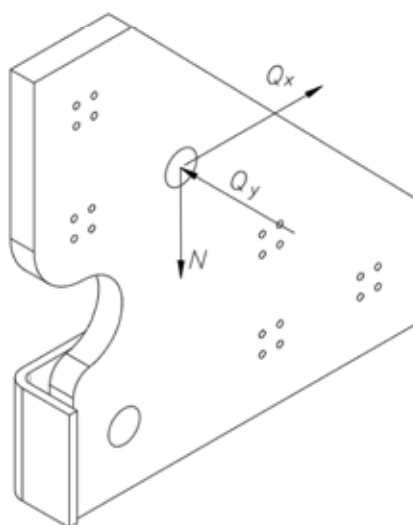
Расчет винтового соединения системы «облицовочный модуль – переходная пластина».

В первом приближении примем Винт М12 класса точности А; класса прочности 5.8

$$N = 287 \text{ кг}$$

$$Q_x = 655 \text{ кг}$$

$$Q_y = 154 \text{ кг}$$



Пластина t-10 мм:
 Материал - Сталь С255
 Винт М12:
 Материал - Сталь 20.
 Класс прочности - 5.8.
 Болт твистлока М16:
 Материал – Сталь 40Х
 Класс прочности – 8.8.

Рисунок 2.14 – Нагрузки, передаваемые на переходную пластину

Находим расчетное усилие, которое может быть воспринято одним винтом М12 класса прочности 5.8 по формуле пункта 14.2.9 [14]:

Расчетное сопротивление при срезе:

$$N_{bs} = R_{bs} \cdot A_b \cdot n_s \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c, \quad (2.7)$$

где:

R_{bs} – расчетное сопротивление срезу болта, $R_{bp} = 210 \text{ Н/мм}^2$;

Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
------	--------	------	--------	---------	------

A_b – площадь сечения болта брутто $A_b = 113 \text{ мм}^2$;

n_s – число расчетных срезов одного болта, $n_s = 1$;

γ_c – коэффициент условия работы, $\gamma_c = 0,75$;

γ_b – коэффициент, условий работы болтового соединения $\gamma_b = 1$

$$N_{bs} = 210 \cdot 113 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 17797,5 \text{ Н} = 1814,8 \text{ кг}$$

$$n = N / N_{b,min}$$

$$\frac{655}{1814,8} = 0,36 \approx 1$$

Так как длина свинчивания равна 10 мм, произведем проверку прочности резьбы напряжениям среза:

$$T_{ср.г} = \frac{Q_x}{\pi \cdot d \cdot H \cdot k_p \cdot k_m} \leq [T_{ср.г}], \quad (2.8)$$

где:

d – диаметр, вписанного во впадины внутренней резьбы, $d = 12 \text{ мм}$;

H – длина свинчивания, $H = 10 \text{ мм}$;

k_p – коэффициент полноты резьбы, $k_p = 0,65$;

k_m – коэффициент неравномерности распределения нагрузки, $k_m = 0,6$;

$T_{ср.г}$ – допустимое напряжение среза, $T_{ср.г} = 0,2\sigma_T = 51 \text{ Н/мм}^2$

$$T_{ср.г} = \frac{6423,36}{3,14 \cdot 12 \cdot 10 \cdot 0,65 \cdot 0,6} = 43,71 \leq 51 \text{ Н/мм}^2$$

Соединение удовлетворяет требованию по прочности.

Переходная пластина представляет собой лист толщиной 10 мм, к которому приваривается корпус твистлока выполненный из гнутого 5-ти мм листа. В САПР SOLIDWORKS выполняем локальный расчет переходной пластины

$N = 574$ кг
 $Q_x = 655$ кг
 $Q_y = 163$ кг

Шпилька:
 Материал - Сталь 20.
 Класс прочности - 5.8.

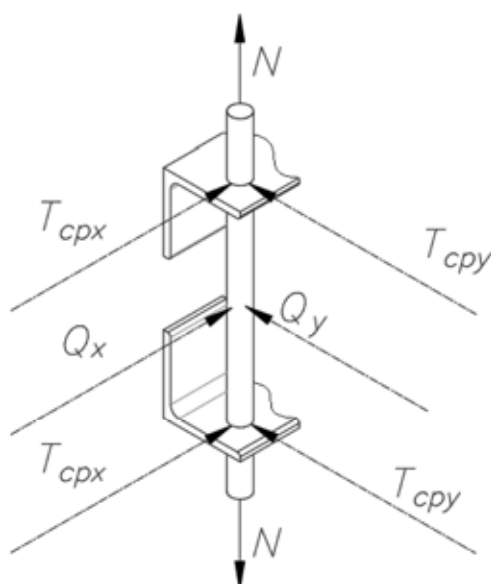


Рисунок 2.21 – Нагрузки, действующие на шпильку.

Болт (шпилька), работающий одновременно на растяжение и кручение, можно рассчитывать только на растяжение по допускаемому напряжению на растяжение, уменьшенному в 1,3 раза, или по расчетной силе, увеличенной по сравнению с силой, растягивающей болт, в 1,3 раза.[15]

Находим расчетное усилие, которое может быть воспринято одной шпилькой класса прочности 5.8 по формуле пункта 14.2.9 [14]:

$$N_{bt} = R_{bt} \cdot A_{bn} \cdot \gamma_c, \quad (2.11)$$

где:

R_{bt} – расчетное сопротивление растяжению болта, $R_{bt} = 225$ Н/мм²;

A_{bn} – площадь сечения болта по резьбе, принимаемая согласно табл. Г9 прил. Г[14], $A_{bn} = 1,57$ см²;

γ_c – коэффициент условия работы, $\gamma_c = 0,75$;

$$N_{bt} = 225 \cdot 1,57 \cdot 0,75 = 26493 \text{ Н} = 2701 \text{ кг}$$

Расчетное сопротивление при смятии:

$$N_{bp} = R_{bp} \cdot d_b \cdot \sum t \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c, \quad (2.12)$$

где:

R_{bp} – расчетное сопротивление смятию болта, $R_{bp} = 225$ Н/мм²;

d_b – наружный диаметр стержня болта $d_b = 16$ мм²;

$\sum t$ – суммарная толщина соединяемых элементов, $t = 6$ мм;

Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

γ_c – коэффициент условия работы, $\gamma_c = 0,75$;

γ_b – коэффициент, условий работы болтового соединения $\gamma_b = 1$

$$N_{bp} = 657,5 \cdot 16 \cdot 6 \cdot 0,75 \cdot 1 = 47340 \text{ Н} = 4827 \text{ кг}$$

Расчетное сопротивление при срезе:

$$N_{bs} = R_{bs} \cdot A_b \cdot n_s \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c, \quad (2.7)$$

где:

R_{bs} – расчетное сопротивление срезу болта, $R_{bp} = 210 \text{ Н/мм}^2$;

A_b – площадь сечения болта брутто $A_b = 210 \text{ мм}^2$;

n_s – число расчетных срезов одного болта, $n_s = 1$;

γ_c – коэффициент условия работы, $\gamma_c = 0,75$;

γ_b – коэффициент, условий работы болтового соединения $\gamma_b = 1$

$$N_{bs} = 210 \cdot 210 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 33075 \text{ Н} = 3372,5 \text{ кг}$$

$$n = N \cdot 1,3 / N_{b,min}$$

$$\frac{746}{2701} = 0,27 \approx 1$$

Так как на шпильку действуют усилия вызывающие растяжение и срез необходимо определить напряжения по формуле:

$$\sqrt{\left(\frac{675}{3372,5}\right)^2 + \left(\frac{746}{2701}\right)^2} = 0,34 \leq 1$$

Следовательно выбранное сечение удовлетворяет условие прочности.

Расчет консоли и уголков кронштейна.

Так как на шпильку действуют усилия вызывающие растяжение и срез необходимо определить напряжения по формуле:

$$\sqrt{\left(\frac{655}{5403}\right)^2 + \left(\frac{317}{5300}\right)^2} = 0,14 \leq 1$$

Следовательно выбранное сечение удовлетворяет условие прочности.

						ЮУрГУ - 08.04.01.2018.305-167	Лист
Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		50

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ГЛАВЕ ДВА

Исследовав варианты уменьшения теплопотерь зданий и сооружений через ограждающие конструкции, были разработаны типовые узлы, позволяющие уменьшить трудоемкость при монтаже и повысить ремонтпригодность при эксплуатации.

Статический расчет показал соответствие элементов узлов конструкции требованиям по несущей способности. Минимальный коэффициент запаса элементов $k=1,5$.

						ЮУрГУ - 08.04.01.2018.305-167	Лист
Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		51

3 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Произведем теплотехнический расчет реконструируемого здания разработанными энергоэффективными облицовочными модулями.

В качестве объекта реконструкции возьмем типовой проект трехсекционного жилого здания 1-Лг-507.

Для дальнейшего расчета в энергетической эффективности их использования, повышение сопротивления теплопередаче будет производиться только для стен и светопрозрачных конструкций. Сопротивление теплопередаче перекрытия над тех. этажом и покрытия останутся на прежнем уровне. Также будет произведено утепление балконов.

Для дальнейшего экономического сравнения в качестве метода-аналога будут выступать строительно-монтажные работы с установкой навесного вентилируемого фасада и замены окон на стеклопакеты с I-стеклом.

Полученные теплотехнические показатели для трехсекционного жилого здания 1-Лг-507 до реконструкции и после реконструкции см. приложение Б

В приложении В был произведён расчет теплового баланса здания до и после реконструкции энергоэффективными облицовочными модулями.

3.1 Сводные теплотехнические показатели до реконструкции

Таблица 3.1 – Развёрнутые показатели тепловых потерь до реконструкции.

Помещение	Этаж	Наружные стены	Светопрозрачные к-ии	Перекрытие	Примечание
Полезная площадь	1	8252,16	8604,27	12279,86	в т.ч. в ЛК
	2-4	24303,39	26843,36	-	в т.ч. в ЛК
	5	8101,13	8947,79	15374,78	в т.ч. в ЛК
ЛК	1-5	2657,82	2479,61	2414,06	
$\Sigma=112706,74+7551,49=120258,23 \text{ Вт}$					

Развернутые показатели теплотерь:

- потери через стены $Q_{\text{сум.огр.ст.}} = 43314,5 \text{ Вт};$
- потери через окна и балконные двери $Q_{\text{сум.огр.ок.}} = 46875,03 \text{ Вт};$
- потери перекрытия над техподпольем $Q_{\text{огр.пер.}} = 13352,17 \text{ Вт};$

- потери покрытия совмещенной кровли $Q_{\text{огр.пок.}} = 16716,54 \text{ Вт}$;
- потери через инфильтрацию $Q_{\text{инф.}} = 17041,91 \text{ Вт}$.

Тепловые потери здания до реконструкции



Рисунок 3.1 – Диаграмма соотношения тепловых потерь 1-ЛГ-507 до реконструкции.

Развернутые показатели тепловых поступлений:

- бытовые поступления $Q_{\text{быт.}} = 27265,32 \text{ Вт}$;
- поступления от человека $Q_{\text{ч.}} = 3400 \text{ Вт}$;
- требуемые поступления от системы отопления $Q_{\text{СО}} = 105924,5 \text{ Вт}$;

Тепловые поступления до реконструкции

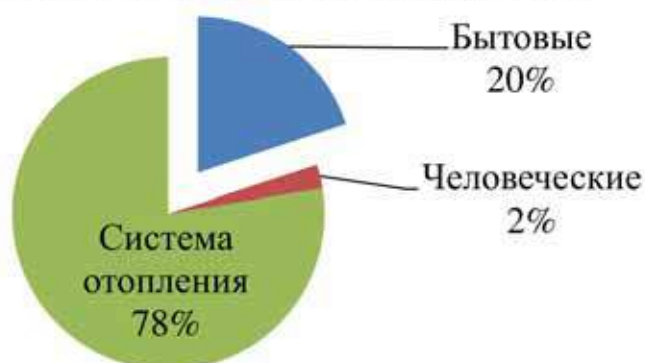


Рисунок 3.2 – Диаграмма соотношения тепловых поступлений 1-ЛГ-507 до реконструкции.

Из рисунка 3.1 можно сделать вывод, что большая часть теплопотерь происходит через светопрозрачные конструкции (34%), а значит, только утепление стен будет недостаточно.

Поэтому при реконструкции предполагается использование встроенных стеклопакетов с твердым или мягким селективным покрытием.

3.2 Сводные теплотехнические показатели после реконструкции с монтажом навесного вентилируемого фасада и заменой оконных конструкций на стеклопакеты с I-стеклом

Таблица 3.2 – Развёрнутые показатели тепловых потерь после реконструкции с монтажом навесного вентилируемого фасада и заменой оконных конструкций на стеклопакеты с I-стеклом.

Помещение	Этаж	Наружные стены	Светопрозрачные к-ии	Перекрытие	Примечание
Полезная площадь	1	3169,83	6719,07	12279,86	в т.ч. в ЛК
	2-4	12270,94	17727,67	-	в т.ч. в ЛК
	5	4090,31	5909,22	15374,78	в т.ч. в ЛК
ЛК	1-5	992,25	2479,61	2414,06	
$\Sigma = 77541,69 + 5885,93 = 83427,62 \text{ Вт}$					

Развернутые показатели теплотерь:

- потери через стены $Q_{\text{сум.огр.ст.}} = 20523,33 \text{ Вт};$
- потери через окна и балконные двери $Q_{\text{сум.огр.ок.}} = 32835,57 \text{ Вт};$
- потери перекрытия над техподпольем $Q_{\text{огр.пер.}} = 13352,17 \text{ Вт};$
- потери покрытия совмещенной кровли $Q_{\text{огр.пок.}} = 16716,54 \text{ Вт};$
- потери через инфильтрацию $Q_{\text{инф.}} = 17041,91 \text{ Вт}.$

Тепловые потери здания после реконструкции навесным фасадом

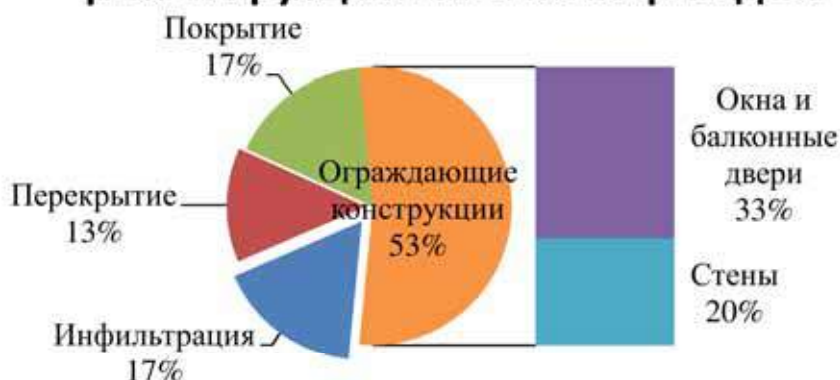


Рисунок 3.3 – Диаграмма соотношения тепловых потерь 1-ЛГ-507 после реконструкции с монтажом навесного вентилируемого фасада и заменой оконных конструкций на стеклопакеты с I-стеклом.

Развернутые показатели тепловых поступлений:

- бытовые поступления $Q_{\text{быт.}} = 27265,32 \text{ Вт};$
- поступления от человека $Q_{\text{ч.}} = 3400 \text{ Вт};$

- требуемые поступления от системы отопления $Q_{CO} = 69804,2$ Вт;

Тепловые поступления после реконструкции навесным фасадом



Рисунок 3.4 – Диаграмма соотношения тепловых поступлений 1-ЛГ-507 до реконструкции.

Из рисунка 3.3 можно сделать вывод, что часть теплопотерь проходящая через стены и светопрозрачные конструкции снижена. При этом теплопотери через ограждающие конструкции остаются на высоком уровне (33%)

Снижение теплопотерь через стены на 53% достигается от дополнительного утепления контура здания с минераловатным утеплителем толщиной 100мм.

Снижение теплопотерь через светопрозрачные конструкции на 30% достигается заменой окон на стеклопакеты с I-стеклом, что является хорошим показателем.

3.3 Сводные теплотехнические показатели после реконструкции с применением энергоэффективных облицовочных модулей

В энергоэффективных облицовочных модулях предполагается использование встроенных стеклопакетов с К-стеклом. В зависимости от износа оконных конструкции, стеклопакеты реконструируемого здания или модернизируются щелевыми задвижки для вентиляции или полностью заменяются на новый стеклопакет с уже встроенными щелевыми задвижками.

После монтажа модуля новый стеклопакет и модернизированный стеклопакет реконструируемого здания представляют собой энергоэффективную вентилируемую конструкцию (ЭВОК) (см. рис. 1.16)

В 2015 году д.т.н. И.Л. Шубин получил эмпирические данные тепловых потоков ЭВОК[20]. Сымитировав работу ветра и вентиляции здания, он получил данные для разных испытуемых образцов. Стоит обратить внимание, что реконструкция с применением ЭВСОК для светопрозрачных конструкций балконов производится не будет.

Данные для образца, схожей конструктивной схемы используемой в энергоэффективном облицовочном модуле, представлены в таблице 3.3

Таблица 3.3 - Результаты испытаний светопрозрачных конструкций. Тепловые потоки.

Конструкция	ТЭ	П	q _х	q _т	R _{оф}	K _{уп}	K _{рп}
К-стекло и 2 стекла в раме	К-стекло	26	16	100	3	6	84

Пояснения к таблице 3.3

ТЭ – наличие теплоотражающего экрана;

П – показания приточного расходомера м³/ч;

q_х, q_т – плотности выходящего теплового потока с холодной и теплой стороны светопрозрачной конструкции, Вт/м²;

R_{оф} – условное сопротивление теплопередаче светопрозрачной конструкции, м² · °С/Вт;

K_{уп} – коэффициент уменьшения плотности выходящего теплового потока;

K_{рп} коэффициент рекуперации, %.

Выполнив расчет теплового баланса в приложении В были получены показатели тепловых потерь и тепловых поступлений после реконструкции энергоэффективными облицовочными модулями.

Таблица 3.4 – Развёрнутые показатели тепловых потерь после реконструкции с применением энергоэффективных облицовочных модулей.

Помещение	Этаж	Наружные стены	Светопрозрачные к-ии	Перекрытие	Примечание
Полезная площадь	1	3169,83	1595,17	12279,86	в т.ч. в ЛК
	2-4	12270,94	11578,00	-	в т.ч. в ЛК
	5	4090,31	3859,33	15374,78	в т.ч. в ЛК
ЛК	1-5	992,25	2479,61	2414,06	
Σ=64218,23+5885,93 =69393,83 Вт					

Развернутые показатели теплопотерь:

- потери через стены $Q_{\text{сум.огр.ст.}} = 20523,33 \text{ Вт}$;
- потери через окна и балконные двери $Q_{\text{сум.огр.ок.}} = 19512,11 \text{ Вт}$;
- потери перекрытия над техподпольем $Q_{\text{огр.пер.}} = 13352,17 \text{ Вт}$;
- потери покрытия совмещенной кровли $Q_{\text{огр.пок.}} = 16716,54 \text{ Вт}$;
- потери через инфильтрацию $Q_{\text{инф.}} = 16267,3 \text{ Вт}$.

Тепловые потери после реконструкции модулями

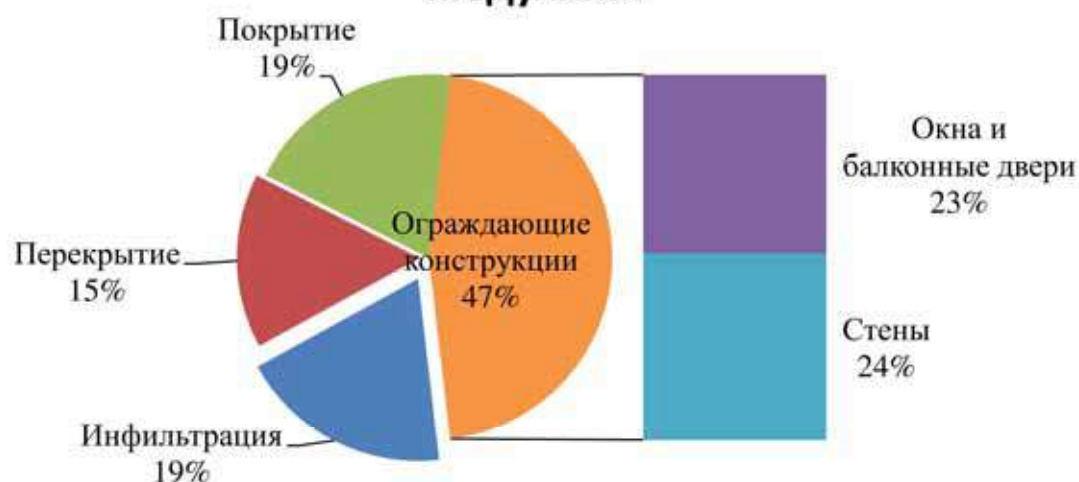


Рисунок 3.5 – Диаграмма соотношения тепловых потерь 1-ЛГ-507 после реконструкции с применением энергоэффективных облицовочных модулей.

Развернутые показатели тепловых поступлений:

бытовые поступления $Q_{\text{быт.}} = 27265,32 \text{ Вт}$;

поступления от человека $Q_{\text{ч.}} = 3400 \text{ Вт}$;

требуемые поступления от системы отопления $Q_{\text{со}} = 54995,81 \text{ Вт}$;

Тепловые поступления после реконструкции модулями

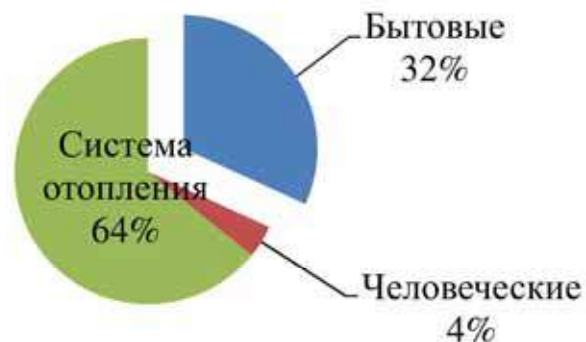


Рисунок 3.6 – Диаграмма тепловых поступлений 1-ЛГ-507 после реконструкции с применением энергоэффективных облицовочных модулей.

Снижение теплотерь через стены на 53% достигается от дополнительного утепления контура здания модулями с минераловатным теплоизоляционным слоем суммарной толщиной 100мм.

Снижение теплотерь через светопрозрачные конструкции на 58% достигается частичным применением ЭВСОК, что является отличным результатом. Помимо этого воздух, проходящий через воздушную прослойку ЭВСОК нагревается на 2 градуса, тем самым снижая расход теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха на 5%

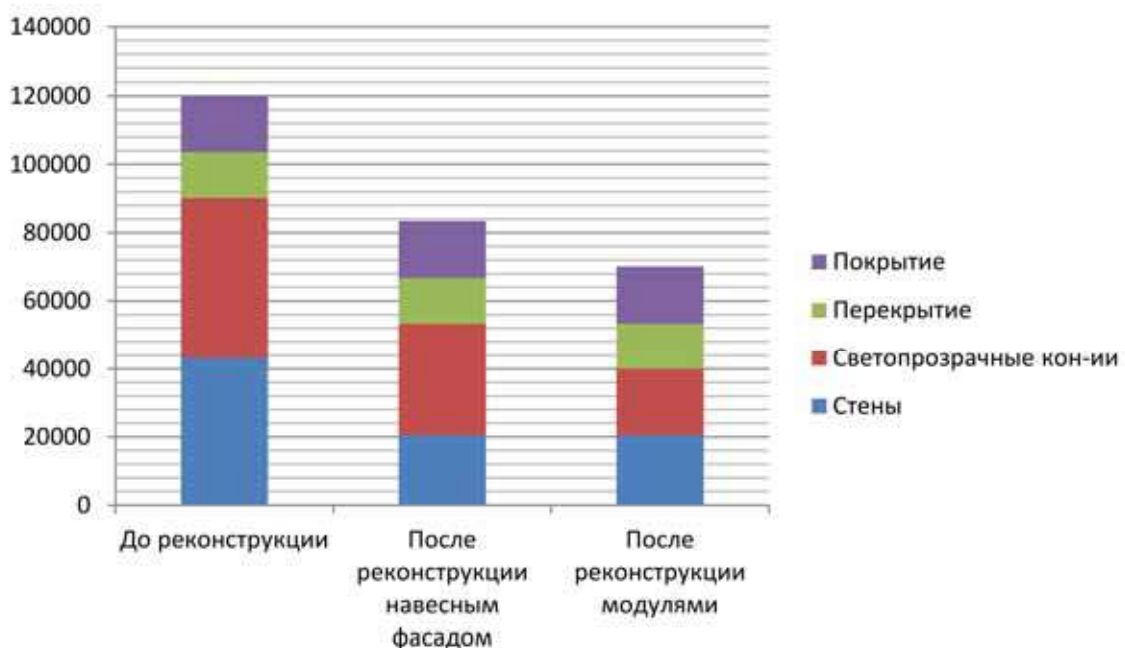


Рисунок 3.7 – Сводная диаграмма тепловых потерь, Вт.

Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
------	--------	------	--------	---------	------

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ ТРИ

Теплопотери через перекрытие над технических этажом и покрытием кровли остались на прежнем уровне. Но не смотря на это, при реконструкции энергоэффективными облицовочными модулями, нагрузка на отопление уменьшилась на 48%

Благодаря снижению теплопотерь стен и светопрозрачных конструкций, класс энергосбережения вышел на уровень В «Высокий».

						ЮУрГУ - 08.04.01.2018.305-167	Лист
Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		59

(383980 руб/Гкал · год)

Денежные затраты на отопление после реконструкции с применением энергоэффективных облицовочных модулей:

$$Q_{от} = 1,07 \cdot 0,23 \cdot 8415,87 \cdot (20 + 24) = 91130,4 \text{ Вт}$$

$$Q_{от.год.д.р.} = 24 \cdot 3600 \cdot \frac{91130,4}{(20 + 24)} \cdot (20 + 1,3) \cdot 213 = 811,8 \text{ ГДж} \approx 194,85 \text{ Гкал}$$

(327094 руб/Гкал · год)

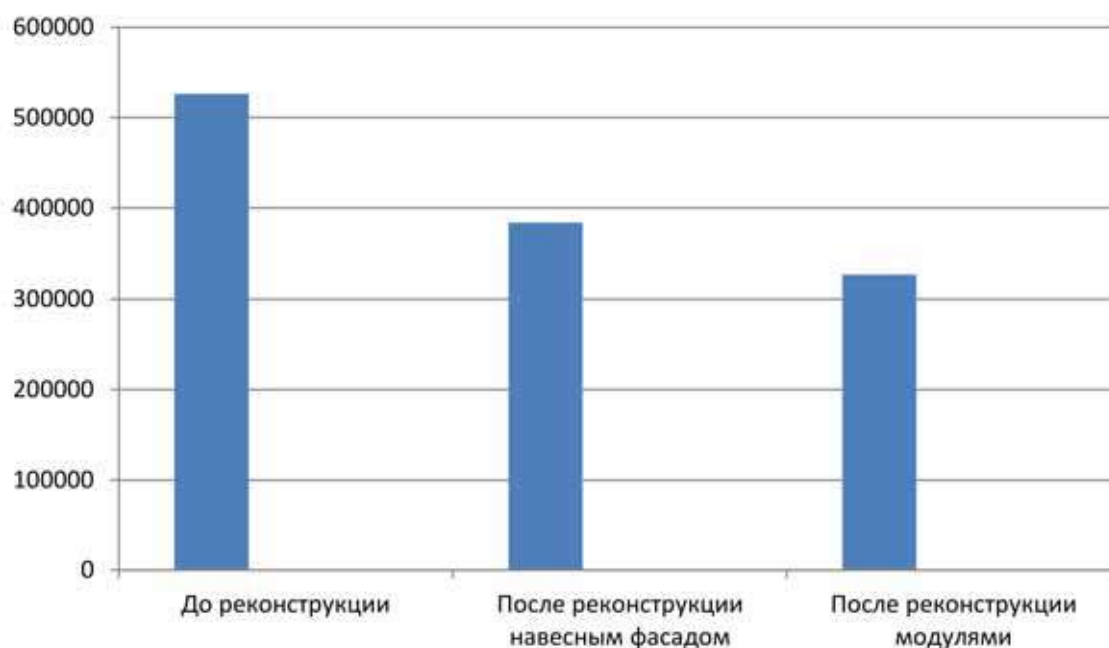


Рисунок 4.1 – Сводная диаграмма денежных затрат на отопление, руб/Гкал · год.

4.2 Экономическое сравнение двух методов повышения энергоэффективности реконструируемого здания.

Стоимость работ метода с монтажом навесного вентилируемого фасада и заменой оконных конструкции на стеклопакеты с I-стеклом на II квартал 2018 года составляет 5 088 415 руб. Трудоемкость составляет 5375,1 чел. час. (см. прил. Е).

Стоимость работ метода с монтажом энергоэффективных облицовочных модулей на II 2018 года составляет 6 648 974 руб. Трудоемкость составляет 4311,5 чел. час. (см. прил. Е).

Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ ЧЕТЫРЕ

Снижение затрат на отопление в методе с вентфасадом составляет 27%. Данный показатель достигается за счет дополнительного утепления стен и замены окон на стеклопакеты с I-стеклом.

Снижение затрат на отопление в методе с модулями составляет 38%. Дополнительные проценты снижения достигаются применением К-стекла в технологии ЭВСОК. При этом строительно-монтажные работы данного метода дороже на 24% по сравнению с методом-аналогом.

Трудоёмкость при возведении монтаже энергоэффективных облицовочных модулей меньше на 20% по сравнению с вентфасадом, что позволяет при том же количестве рабочих выполнять работы быстрее.

5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ РАЗРАБОТАННОЙ КОНЦЕПЦИИ

5.1 Транспортировка и хранение

Облицовочные модули могут транспортироваться на строительную площадку железнодорожным, автомобильным, водным путем.

Пакет имеет необходимую жесткость, которая позволяет осуществлять погрузо-разгрузочные работы, складирование и хранение без нарушения формы и целостности.

Для предохранения изделий от механических повреждений при транспортировке и хранении в процессе производства модули обтягивают со всех сторон полиэтиленовой пленкой, края которой запаивают для защиты от неблагоприятных атмосферных воздействий, что позволяет длительное время хранить панели без дополнительной защиты (навесов, закрытых складских сооружений).

Разгрузку и складирование модулей на приобъектном складе производят вертикально в кассеты. Для выгрузки с транспортных средств и установки модулей в кассеты применяют автомобильный кран или манипулятор.

Монтаж облицовочных модулей может вестись при помощи автомобильного крана и манипулятора с люлькой. Так же возможно применение фасадных подъемников.

5.2 Принципиальная монтажная схема

Под предусмотренные проектом реконструкции места для кронштейнов сверлятся отверстия. Устанавливается первый теплоизоляционный слой аэрогеля толщиной 10 мм(1). Далее монтируется кронштейн(2) и второй слой аэрогеля толщиной 10 мм (3). На смонтированный кронштейн крепятся с третьего по четвертый (4-5) слой аэрогеля толщиной 10 мм. Завершающей слой аэрогеля (6) имеет толщину 5 мм. Крепление аэрогеля осуществляется при помощи неорганического клея на основе оксида железа[16].

						ЮУрГУ - 08.04.01.2018.305-167	Лист
Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		64

Предельные отклонения при монтаже не должны превышать ± 15 мм. Для точности выполнения монтажа кронштейнов в проектное положение рекомендуется использовать лазерный уровень.

После выверки фитингов в проектное положение, поочередно монтируются теплоизоляционные модули (7). Для закрепления модуля в проектном положении необходимо повернуть замок твистлока в положение «ЗАКРЫТО» и выполнить расчетное натяжение гайки при помощи динамометрического ключа. Дальнейший поворот замка вокруг оси после достижения положения «ЗАКРЫТО» невозможен благодаря стенке корпуса твистлока.

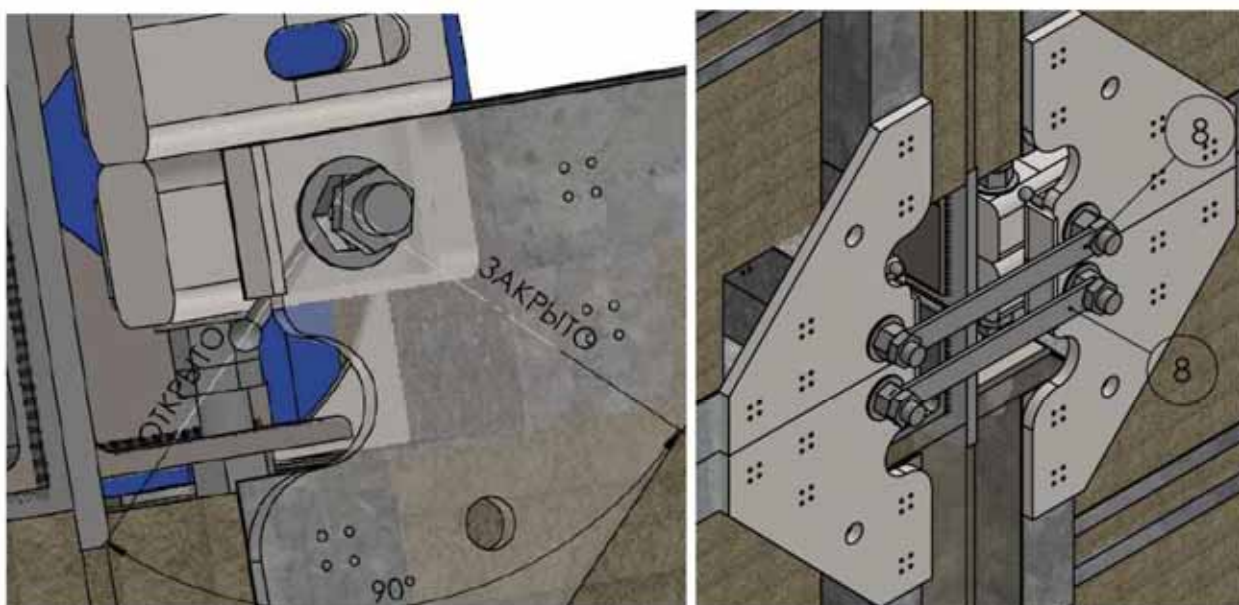


Рисунок 5.3 – Слева – режимы твистлока. Справа – установка связей.

После установки всех четырех модулей необходимо установить связи (8) для совместной работы конструкции. Завершающей частью является монтаж облицовочного модуля.

Изм.	К. Уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе были изучены конструктивные и технологические особенности зарубежных энергоэффективных облицовочных модулей и найдены их недостатки.

Была разработана концепция с элементами конструкции, которые позволяют уменьшить трудоемкость при монтаже и повысить ремонтпригодность при эксплуатации.

Статический расчет показал соответствие элементов узлов конструкции требованиям по несущей способности. Минимальный коэффициент запаса элементов $k=1,5$.

Применение технологии ЭВСОК в сочетании с дополнительным утеплением стен позволило уменьшить теплотери на 48%

Благодаря снижению теплотерь стен и светопрозрачных конструкций, класс энергосбережения вышел на уровень В «Высокий».

Выполненный экономический анализ показал снижение затрат на отопление на 38%. При этом строительно-монтажные работы данного метода дороже на 24% по сравнению с методом-аналогом, но трудоемкость при возведении монтаже энергоэффективных облицовочных модулей меньше на 20%, что позволяет при том же количестве рабочих выполнять работы быстрее.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жилищное хозяйство в России. 2016: Стат. сб./ Росстат. - Ж72 М., 2016. – 63 с.
2. Башмаков И.А. Энергоэффективность: от риторики к действиям // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». 2002. № 10.
3. Пат. 112 700 Российская федерация, МПК E04F 13/08 (2006.01). Система навесного фасада./ Чернышев Евгений Юрьевич, Заметалин Владислав Александрович – 2011142420/03; заявл. 20.10.2011; опубл. 20.01.2012 Бюл. № 2.
4. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ №1. 2015 – https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6034
5. RenéL. Kobler, Armin Binz, GregorSteinke, Karl Höfler,Sonja Geier, Johann Aschauer,StéphaneCousin,Paul Delouche, François Radelet, Bertrand Ruot, Laurent Reynier, Pierre Gobin, Thierry Duforestel, Gérard Senior, Xavier Boulanger, Pedro Silva, Manuela Almeida: Retrofit Module Design Guide, ISBN 978-3-905594-60-7, March 2011
6. Mark Zimmermann: ECBCS Project Summary report “Annex 50 Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings, March 2011
7. Feist Werner, et al: „Passivhaus Projektierungspaket 2007“, Darmstadt 2007
8. Geier, S. (2010) “Retrofitted Buildings Go Solar-Active!”. EuroSun2010. Graz
9. Ахмяров Т. А., Спиридонов А. В., Шубин И. Л. Принципы проектирования и оценки наружных ограждающих конструкций с использованием современных технологий «активного» энергосбережения и рекуперации теплового потока // Жилищное строительство. 2014. № 6.
10. Патент РФ2295622. Вентилируемое окно / Ахмяров Т. А.; Заявл. 14.03.2005. Опубл. 20.03.07. Бюл. № 8.

