

**УДК 69.01**

**Козаков Юрий Николаевич**, профессор, кафедры технологии строительного производства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

**Мальцев Александр Александрович**, магистрант, 2 курса, факультет Строительство (Проектирование железобетонных и каменных конструкций) / Кафедра железобетонных и каменных конструкций Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

### **АНАЛИЗ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ СТОИТЕЛЬСТВЕ КОТЕДЖЕЙ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** *Актуальность темы:* исследование и внедрение современных технологий обусловлено применением энергосберегающих материалов, что немаловажно при возведении коттеджей, является наиболее важной и своевременной задачей, способствующей устойчивому развитию региона и повышению качества жизни граждан. Статья содержит информацию о применении энергоэффективных технологий облицовки наружных стен при строительстве коттеджей, таких как «мокрые» и «вентилируемые» фасады, с помощью применяемых современных теплоизоляционных материалов, отвечающим всеми противопожарными экологическими характеристиками, такими как плиты из минеральной ваты.

*Цель исследования:* сравнение технологических решений по облицовке фасадов, сравнительный анализ фасадных технологий, теплотехнические расчеты применяемых систем, ценовая политика на рынке по СМР и применяемому материалу. Найти наиболее эффективную модель фасадной системы с точки зрения энергетической, эстетической, эксплуатационной, технологической эффективности в данных климатических условиях.

*Методы исследования:* сравнительный анализ фасадных систем с положительными и отрицательными характеристиками, теплотехнический

расчет фасадов «вентилируемый», «мокрый» применяемый в Ленинградской области при строительстве коттеджей, технико-экономический расчет в виде калькуляции по каждой технологии возведения.

*Новизна материала:* заключается в наиболее удачно выбранной фасадной технологии на примере «Вентилируемого фасада» из терракотовой плитки, благодаря частому применению за последние годы в фасадном строительстве.

Таким образом, в Ленинградской области актуальность совершенствования технологий энергосбережения и экологии материалов обусловлена необходимостью разработки методической основы, а также взаимосвязанных организационно технологических и конструктивных решений, обеспечивающих комплексное эффективное малоэтажное строительство.

**Ключевые слова:** теплоизоляционные материалы, «мокрый» фасад, «вентилируемый» фасад, терракота, эффективное энергосбережение, фасадные технологии, технологии энергосбережения, технико-экономические показатели.

**Annotation:** Relevance of the topic: the research and implementation of modern technologies is due to the use of energy-saving materials, which is important in the construction of cottages, is the most important and timely task contributing to the sustainable development of the region and improving the quality of life of citizens. The article contains information on the use of energy-efficient technologies for cladding exterior walls in the construction of cottages, such as "wet" and "ventilated" facades using modern thermal insulation materials that meet all fire-fighting environmental characteristics, such as slabs of mineral wool.

**Key words:** thermal insulation materials, "wet" facade, "ventilated" facade, terracotta, effective energy saving, facade technologies, energy saving technologies, technical and economic indicators.

На строительном рынке представлен широкий выбор теплоизоляционных материалов, применяемых при возведении зданий. Правильный выбор теплоизоляции фасада снижает теплопотери внутри помещения, затраты на

отопление, кондиционирование, улучшает звукоизоляционные свойства в помещении.

### Технологии фасадов: «вентилируемый», «мокрый»

Вентилируемый фасад — многослойная конструкция в виде пирога, включает в себя несколько элементов: внешний облицовочный слой, воздушный зазор, утеплитель и внутренний слой, расположенного на рис.1 подсистемы «ТЕХНОНИКОЛЬ» тип фасада «ТН Фасад Профи».

1. Сплошное основание (кирпич, газоблок, пенобетон)
2. Каркас из стальных подконструкций
3. Утеплитель фасадный «ФАСАД ПРОФ»
4. Утеплитель фасадный «ТЕХНОВЕНТ СТАНДАРТ»
5. Дюбель фасадный «ТЕХНОНИКОЛЬ»
6. Терракотовая плитка, панели/керамогранит

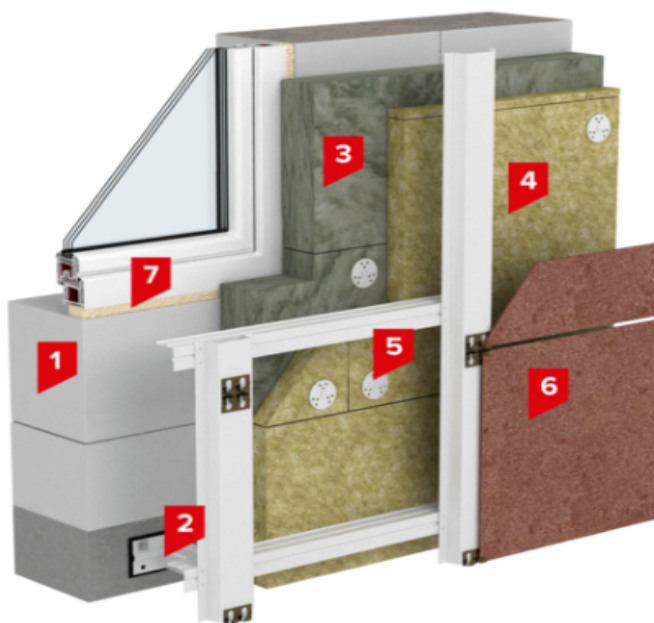


Рисунок 1. Типовой узел «Вентилируемого фасада» «ТН Фасад Вент» системы «ТЕХНОНИКОЛЬ»

Вентилируемый фасад	
Преимущества	Недостатки
А) Энергосберегающий материал	А) Усадка утеплителя

<b>Б) Звукоизоляция утеплителя</b>	<b>Б) Ветровые нагрузки</b>
<b>В) Вентилируемая полость</b>	<b>В) Трудоемкий процесс монтажа</b>
<b>Г) Ассортимент материала</b>	<b>Г) Ошибочный выбор мембраны</b>
<b>Д) Устойчивость к атмосферным осадкам</b>	<b>Д) Отсутствует возможность вентиляции</b>

Таблица 1. Сравнительный анализ «Вентилируемого фасада»

Мокрый фасад — система облицовки, в которой облицовочные материалы, такие как кирпич, камень, керамика или плитка, укладываются на основание с применением цементного или клеевого раствора, расположенного на рис. 2 подсистемы «ТЕХНОНИКОЛЬ» тип фасада «ТН Фасад Профи».

1. Основание (кирпич, газоблок, пенобетон).
2. Грунтовка глубокого проникновения «ТЕХНОНИКОЛЬ 020».
3. Штукатурно-клеевая смесь для мин. ваты «ТЕХНОНИКОЛЬ 210».
4. Утеплитель фасадный «ТЕХНОФАС ОПТИМА».
5. Тарельчатый фасадный дюбель.
6. Штукатурно-клеевая смесь для мин. ваты «ТЕХНОНИКОЛЬ 210».
7. Стекло сетка фасадная щелочестойкая «ТЕХНОНИКОЛЬ 2000».
8. Грунтовка фасадная «ТЕХНОНИКОЛЬ 010».
9. Декоративная минеральная штукатурка «ТЕХНОНИКОЛЬ 301» «короед».
10. Краска силиконовая фасадная «ТЕХНОНИКОЛЬ 901».
11. Профиль пластиковый угловой.

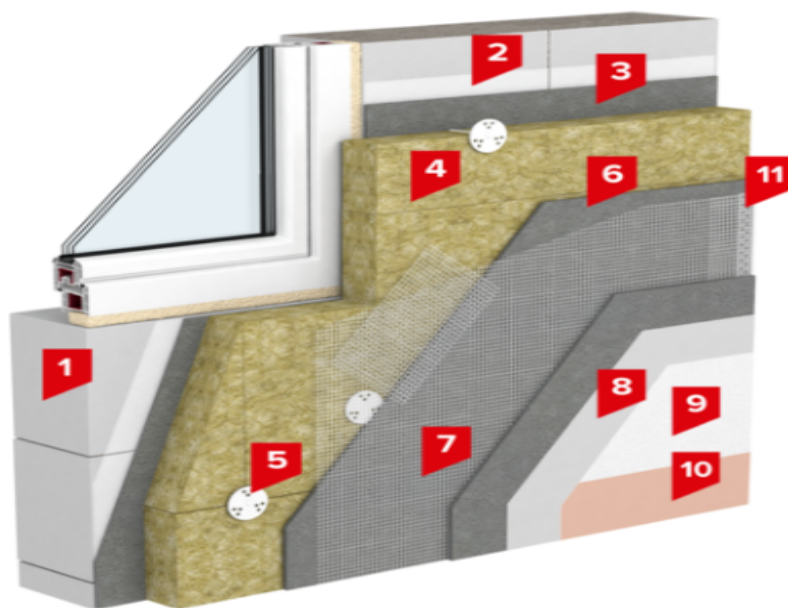


Рисунок. 2. Типовой узел «Мокрого фасада» «ТН Фасад Профи» системы «ТЕХНОНИКОЛЬ»

Мокрый фасад	
Преимущества	Недостатки
А) Теплоизоляция утеплителя	А) Температурный режим монтажа выше +5 °С
Б) Легкий вес теплоизоляции	Б) Осадки негативно влияют на качестве работ
В) Простота монтажа конструкций	В) Пересыхание раствора солнечным излучением
Г) Отсутствие конденсата	Г) Подверженность загрязнению поверхности
Д) Длительный срок службы	Г) Низкая ремонтпригодность фасада
Е) Бюджетная цена: «мокрый фасад»	Е) Низкие прочностные характеристики фасада

Таблица 2. Сравнительный анализ «Мокрого фасада»

На примере сравнения фасадных систем мы видим, что наиболее выгодной системой по стоимости материала является «Мокрый фасад», так как он более экономичный и прост в монтаже, но зато мало ремонта пригоден и хрупок при эксплуатации.

Считаю, что более практичная фасадная система — «Вентилируемый фасад» с применением внешней облицовки из терракотовой плитки, является более

перспективной в коттеджном строительстве, не смотря на дороговизну материала, и малую популярность в малоэтажном строительстве, имеет дальнейшие перспективы на будущее благодаря своим техническим и эксплуатационным характеристикам.

**Теплотехнические расчеты фасадов «вентилируемый», «мокрый»  
применяемые в Ленинградской области при строительстве коттеджей**

№ п/п	Исходные данные для «вентилируемого», «мокрого» фасада	Значения
1	Тип конструкции, вид здания	Стена
2	«Строительная климатология» СП 131.13330.2020	Выборг
3	Климатический район строительства	II Б
4	Температура внутри помещения	$t_{в} = +20 \text{ C}^{\circ}$
5	Влажность воздуха внутри помещений	$\phi_{в}=55\%$
6	Продолжительность отопит периода со средней $Z_{от}$ воздуха не более $+8 \text{ C}^{\circ}$	$Z_{от}= 211 \text{ сут}$
7	Средняя $t_{от}$ средне. сут. $t$ воздуха не более $+8 \text{ C}^{\circ}$	$t_{от}= 1,2 \text{ C}^{\circ}$

Таблица 5. Расчетные данные для теплотехнического расчета

СП 50.13330.2024  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}/\text{год}$  по формуле (5.2)

$$\text{ГСОП}=(t_{в}-t_{от})\cdot Z_{от}=(20-(-1,2))\cdot 211=4473 \text{ (}^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут)/год}$$

Сопrotивления теплопередаче  $R_{o}^{тр}$  для ограждающих конструкций - стены, включая стены в грунте и типа здания - жилые:

$$R_{o}^{тр} = 2,97 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$$

По формуле (5.1) СП 50.13330.2024 определим нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче:

$$R_{o}^{\text{норм}} = R_{o}^{тр} * m_p = 2,97 * 1 = 2,97 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$$

$m_p$  - коэффициент, учитывающий особенности региона строительства.

В расчете по формуле (5.1)  $m_p = 1$ .

п/п	ТН-ФАСАД Вент	Толщ. слоя, $\delta$ мм	Теплопроводность $\lambda(B)$ , Вт/(м <sup>2</sup> *°C)
1	Терракота/керамогранит	-	-
2	ТЕХНОВЕНТ СТАНДАРТ	50	0,042
3	ТЕХНОНИКОЛЬ Фасад ПРОФ (33PN)	100	0,04
4	Кирпич полнотелый глиняный на ЦПР (1800 кг/м <sup>3</sup> )	380	0,81

Таблица 6. Исходные данные фасадного пирога для теплотехнического расчета «Вентилируемого фасада», из расчета 100 м<sup>2</sup>

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Итого			$\frac{1}{R_{пр}} = 0,245 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$	100

Таблица 7. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции «Вентилируемого фасада» из расчета 100 м<sup>2</sup>

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания рассчитывается по формуле (Е.1) СП 50.13330.2024:

$$R_o^{пр} = \frac{1}{\sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} = \frac{1}{0,245} = 4,08 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

Усредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания определяем по формуле (5.4) СП 230.1325800.2015:

$$R_o^{усл} = \frac{\sum A_i}{\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{усл}}} = \frac{100}{\frac{100}{4,36}} = 4,36 \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$$

Коэффициент теплотехнической однородности определяем по формуле (Е.4)  
СП 50.13330.2024

$$r = \frac{R_o^{пр}}{R_o^{усл}} = \frac{4,08}{4,36} = 0,94$$

Вывод: данная конструкция, обеспечивает нормируемое сопротивление теплопередаче:

$$R_o^{пр} = 4,08 \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \geq R_o^{норм} = 2,97 \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$$

п/п	Применяемые системы ТН- ФАСАД Вент	Толщина слоя, $\delta$ мм	Теплопроводность $\lambda(Б)$ , Вт/(м <sup>2</sup> *°C)
1	Декоративная штукатурка	10	0,8
2	Кварцевая грунтовка	-	-
3	Выравнивающий слой	15	0,8
4	Грунтующий слой	-	-
5	Стальная сетка	-	-
6	ТЕХНОФАС ЭКСТРА	150	0,043
7	Кирпич полнотельный глиняный на ЦПР (1800 кг/м <sup>3</sup> )	380	0,81

Таблица 8. Исходные данные фасадного пирога для теплотехнического расчета «Мокрого фасада» из расчета 100 м<sup>2</sup>

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Итого			$\frac{1}{R^{пр}}$ $= 0,244 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$	100

Таблица 9. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции «Мокрого фасада» из расчета 100 м<sup>2</sup>

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания рассчитывается по формуле (Е.1) СП 50.13330.2024:

$$R_o^{пр} = \frac{1}{\sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} = \frac{1}{0,244} = 4,1 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

<b>Вентилируемый фасад из терракотовой плитки</b>	
<b>Преимущества</b>	<b>Недостатки</b>
<b>А)</b> Эстетический вид терракоты	<b>А)</b> Дорогой облицовочный материал
<b>Б)</b> Экологичность материала	<b>Б)</b> Трудозатраты терракотового фасада
<b>В)</b> Долговечность материала	<b>В)</b> Большой вес терракоты
<b>Г)</b> Стойкость к механическим повреждениям	<b>Г)</b> Хрупкость облицовочного материала
<b>Д)</b> Огнестойкость терракоты	<b>Д)</b> Ограниченные формы облицовки фасада:
<b>Е)</b> Теплоизоляция терракотовой плитки	<b>Е)</b> Гигроскопичность материала из терракоты

Усредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания определяем по формуле (5.4) СП

230.1325800.2015:

$$R_o^{усл} = \frac{\sum A_i}{\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{усл}}} = \frac{100}{\frac{100}{4,15}} = 4,15 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

Коэффициент теплотехнической однородности определяем по формуле (Е.4)

СП 50.13330.2024:

$$r = \frac{R_o^{пр}}{R_o^{усл}} = \frac{4,1}{4,15} = 0,99$$

Вывод: данная конструкция, обеспечивает нормируемое сопротивление теплопередаче. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции превышает нормируемое сопротивление теплопередаче:

$$R_o^{пр} = 4,1 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \geq R_o^{норм} = 2,97 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

### **Описание технологии облицовки стен «вентилируемого фасада» из терракотовой плитки, панелей**

Вентилируемый фасад из терракотовой плитки наиболее усовершенствованная фасадная система, благодаря ее характеристикам представленных ниже.

№ п/п	Наименование	Кол-во	Ед. изм.	Цена в руб.	Итого 1 м2 в руб.
1	<b>Итого стоимость материала</b>	-	-	<b>414 000</b>	4 140
2	<b>Итого стоимость работ</b>	-	-	294 300	2 930
3	<b>ИТОГО</b>	100	м2	<b>735 280</b>	<b>7 352, 8</b>

Таблица 10. Техничко-экономические показатели «Вентилируемого фасада»  
из терракотовой плитки из расчета 100 м2

№ п/п	Наименование	Кол-во	Ед. изм.	Цена в руб.	Итого 1 м2 в руб.
1	<b>Итого стоимость материала</b>	-	-	<b>291 600</b>	<b>2 916</b>
2	<b>Итого стоимость работ</b>	-	-	<b>294 300</b>	<b>2 930</b>
3	<b>ИТОГО</b>	100	м2	<b>585 900</b>	<b>5 859</b>

Таблица 11. Техничко-экономические показатели «Вентилируемого фасада» из керамогранита из расчета 100 м2

№ п/п	Наименование	Кол-во	Ед. изм.	Цена в руб.	Итого 1 м2 в руб.
1	<b>Итого стоимость материала</b>	-	-	<b>211 075</b>	<b>2 111</b>
2	<b>Итого стоимость работ</b>	-	-	<b>208 700</b>	<b>2 087</b>
3	<b>ИТОГО</b>	100	м2	<b>419 775</b>	<b>4 198</b>

Таблица 11. Техничко-экономические показатели «Мокрого фасад» из расчета 100 м2

*Выводы:*

1. Рассмотрены технологии отделки наружных стен коттеджей в Ленинградской области для определения толщины утеплителя применяемой облицовки на примере «Мокрого» «Вентилируемого» фасада, на основе теплотехнического расчета на примере г. Выборг. Также выполнено сравнение по технико-экономическим показателям данных облицовок.

«Мокрый фасад» несмотря на доступную цену производства работ, относительно небольшой вес отделки, простоту монтажа, хорошие теплоизоляционные характеристики, широкий выбор цветовых решений имеет ряд существенных недостатков, таких как ремонта пригодность. Восстановление небольших участков фасада, трещин, пробоин невозможно, что приводит к ремонту целой стены, т.к. выполнить локальный ремонт не целесообразно.

«Вентилируемый фасад с облицовкой из терракотовой плитки» наиболее перспективная система в малоэтажном строительстве. Терракотовая плитка имеет ряд преимуществ, несмотря на высокую цену и большой вес изделия:

- эстетический вид
- безопасность для окружающей среды
- гидроизоляционные характеристики терракоты
- звуко и тепло изоляции утеплителя

2. В 2024-2025 годах в индивидуальном жилищном строительстве будет наблюдаться постепенный рост на данную продукцию, но все еще будет составлять меньшую долю, чем коммерческий сектор. Москва и Санкт-Петербург останутся основными регионами потребителями данной продукции. Ужесточение требований к безопасности, энергоэффективности, экологичности может стимулировать спрос на терракоту.

Интерес к натуральным и экологичным материалам в строительстве также продолжит расти в ближайшие годы. Терракота останется востребованной, как один из таких материалов за счет своих характеристик, т.к. это долговечный, эстетический, современный, энергосберегающий материал, применяемый совместно с вентилируемым фасадом.

Требования к энергосбережению будут только усиливаться, что будет стимулировать использование вентилируемых фасадов с терракотой как наиболее удачное решение.

Заказчики будут все больше обращать внимание на такие характеристики материала как: долговечность, минимальные эксплуатационные затраты, что будет работать в пользу терракотовых панелей.

Внедрение BIM-технологий и других цифровых решений в строительстве будет способствовать более точному планированию и проектированию, что также затронет и рынок фасадных систем.

В условиях роста спроса на загородное жилье может вырасти интерес к применению терракотовых панелей и в этом сегменте.

3. В условиях импортозамещения и государственной поддержки будет наблюдаться усиление позиций российских производителей, предлагающих качественную и доступную продукцию. Зарубежные производители, вероятно, будут присутствовать в премиальном сегменте.

Ожидается появление новых коллекций форматов и цветов терракотовых панелей, а также разработка решений с дополнительными функциями (например, с интегрированными солнечными панелями). В связи с нынешними реалиями на рынке производители будут стремиться предоставить качественную продукцию и сопутствующие сервисы (проектирование, монтаж).

Рост цен на сырье и энергоносители, увеличение себестоимости производства может сказаться на цене конечного продукта.

Рынок фасадных терракотовых панелей в России имеет хороший потенциал для развития. Однако производителям и поставщикам необходимо учитывать экономические и технологические тенденции, а также быть готовыми к усилению конкуренции. Акцент на качестве, инновациях, сервисе и энергоэффективности будут ключевыми факторами для успешной работы на этом рынке.

Вентилируемый фасад из терракоты – это отличное решение для тех, кто ценит красоту, эстетику, долговечность и функциональность. При выборе терракотовой плитки для фасада, необходимо обращать внимание на качество материала, производителя и квалификацию монтажников.

## Литература:

1. Казаков Ю.Н., Тимащук О.А. Технология возведения энергоэффективных малоэтажных зданий. Текст: электронный // Учебное пособие для вузов 2-е изд. стер// «Лань» // Санкт-Петербург, Москва, Краснодар 2022. – С. 81-89 (дата обращения 26.12.2024).
2. Казаков Ю.Н., Захаров В.П. Современное малоэтажное домостроение. Текст: электронный // Учебное пособие для вузов 3-е изд. стер// «Лань» // Санкт-Петербург, Москва, Краснодар 2022. – С. 26-29 (дата обращения 26.12.2024).
3. СП 131.13330.2020. Строительная климатология СНиП 23-01-99\*. Москва. КонсультантПлюс, утвержденных и введенных в действие с 25.06.2021 Приказом Минстроя России от 24.12.2020 N 859/пр. (дата обращения 26.12.2024).
4. Зарубина Л.П. Теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы и технологии. 2-е изд.- Текст: электронный // СПб.: БВХ-Петербург, 2012. – С. 264-311 (дата обращения 26.12.2024).
5. Глуховский В.Д., Рунова Р.Ф., Шейнич Л.А., Гелевера А.Г. Основы технологии отделочных, тепло-и гидроизоляционных материалов материалов. Текст: электронный // «Киев Головное издательство издательского объединения» // Киев.1986. С. 73-91, С 203-207.
6. Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий. Текст: электронный // «Высшая школа» // Москва.1989. С. 27-43
7. Горшков А.С., Попов Д.Ю. Конструктивное исполнение вентилируемого фасада повышенной надежности// Текст: электронный // «Инженерно-строительный журнал». № 8 С.38-45.
8. Experimental evaluation of the airflow behavior in horizontal and vertical Open Joint Ventilated Facades using Stereo-PIV Sanchez M.N., Giancola E, Heras M.R., Suarez M.J., Blanco E. Renewable Energy. 109 (2017), 613-623

## Literature

1. Kazakov Yu.N., Timashchuk O.A. Technology of construction of energy-efficient low-rise buildings. Text: electronic // Textbook for universities 2nd ed.ster// "Lan" // St. Petersburg, Moscow, Krasnodar 2022. – pp. 81-89 (accessed 12/26/2024).
2. Kazakov Yu.N., Zakharov V.P. Modern low-rise housing construction. Text: electronic // Textbook for universities 3rd ed. ster// "Lan" // St. Petersburg, Moscow, Krasnodar, 2022. – pp. 26-29 (accessed 12/26/2024).
3. SP 131.13330.2020. Construction climatology SNIIP 23-01-99\*. Moscow. ConsultantPlus, approved and put into effect from 06/25/2021 by Order of the Ministry of Construction of the Russian Federation dated 12/24/2020 N 859/ave. (accessed 12/26/2024).
4. Zarubina L.P. Thermal insulation of buildings and structures. Materials and technologies. 2nd ed.- Text: electronic // St. Petersburg: BVH-Petersburg, 2012. pp. 264-311 (accessed 12/26/2024).
5. Glukhovskiy V.D., Runova R.F., Sheinich L.A., Gelevera A.G. Fundamentals of technology of finishing, heat and waterproofing materials
6. Technology of thermal insulation and acoustic materials and products. Text: electronic // "Higher School" // Moscow.1989. pp. 27-43
7. Gorshkov A.S., Popov D.Yu. Structural design of a ventilated facade of increased reliability// Text: electronic// "Engineering and Construction Journal". No. 8, pp.38-45
8. Experimental evaluation of the airflow behavior in horizontal and vertical Open Joint Ventilated Facades using Stereo-PIV Sanchez M.N., Giancola E, Heras M.R., Suarez M.J., Blanco E. Renewable Energy. 109 (2017), 613-623