



Рис. 1. 40-квартирный жилой дом по ул. Ф. Попова г. Якутска.



Рис. 2. 80-квартирный жилой дом по улице Бестужева-Марлинского г. Якутска



Рис. 3. Использование деревянных направляющих с отсутствием воздушного зазора



Рис. 7. Корпус факультетов естественных наук ЯГУ, г. Якутск

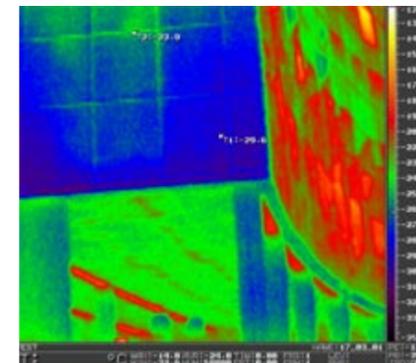


Рис. 8. Утечка тепла в нижних угловых зонах на фасаде корпуса факультетов естественных наук ЯГУ, г. Якутск



Рис. 9. Внешний вид минераловатных плит в фасадах с ветрозащитой из полиэтиленовой пленки после 7–9 лет эксплуатации



Рис. 4. Увлажнение теплоизоляционного слоя вследствие применения полиэтиленовой пленки



Рис. 5. Корпус гуманитарных факультетов ЯГУ в г. Якутске

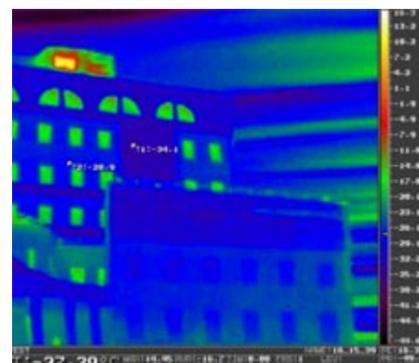


Рис. 6. Результаты тепловизионной съемки корпуса гуманитарных факультетов ЯГУ, г. Якутск



Рис. 10. Зазор между минераловатными плитами



Рис. 11. Разрыхление минплиты в местах отсутствия облицовки



Рис. 12. Здание общеобразовательной школы по ул. Петровского, г. Якутск. Отрывы композитных панелей

Территория Якутии относится к одному из наиболее холодных регионов России. Средняя температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 согласно СНиП 2.01.01-82 составляет -54°C . Продолжительность отопительного периода составляет 256 суток при среднесуточной температуре воздуха равной или ниже $+8^{\circ}\text{C}$. Средняя температура отопительного периода $-20,6^{\circ}\text{C}$. Начиная с середины 90-х годов, после ужесточения требований, предъявляемых к теплозащитным характеристикам ограждающих конструкций, в строительную практику Якутии стали активно внедряться вентилируемые фасадные системы (ВФС), особенно при возведении зданий с монолитным железобетонным каркасом. При этом нередко используются фасадные конструкции, предназначенные для эксплуатации в условиях более мягкого климата, что вызывает серьезные опасения у многих специалистов проектных и строительных организаций.

Опыт применения навесных фасадных систем для облицовки зданий в г. Якутске

Чтобы развеять сомнения относительно вопросов обеспечения надежности и долговечности вентилируемых фасадов при их использовании в условиях устойчивой особо низкой температуры наружного воздуха, специалисты Якутского государственного университета им. М.К. Аммосова решили провести мониторинг фасадных конструкций нескольких многоэтажных объектов, сданных в эксплуатацию после 1997 года. Для натурного обследования были отобраны объекты гражданского назначения,

основу конструктивной схемы которых составляет монолитный железобетонный каркас с заполнением наружных стеновых проемов бетонными блоками толщиной 200 мм и утеплением снаружи полужесткими минераловатными плитами различной толщины в зависимости от года постройки. Преимущественно при строительстве этих зданий применялись известные фасадные системы «Краспан» и «Волна», и только на некоторых объектах использовались системы импортного производства.

к.т.н. **Т.А. Корнилов**,
доцент кафедры строительных конструкций
Якутского госуниверситета им. М.К. Аммосова
В.В. Амбросьев, аспирант

При проведении натурных обследований вентфасадов были выполнены: тепловизионная съемка, вскрытие облицовочных плит на отдельных участках, сравнение фактического исполнения конструкций с проектным предложением, визуальный осмотр под облицовочной конструкцией и утеплителем, изъятие образцов утеплителя, оценка теплофизических характеристик утеплителя. Следует отметить, что осуществление перечисленных видов работ было сопряжено с определенными

трудностями организационного характера, например, крайне сложно было получить у владельцев зданий разрешительные документы на вскрытие конструкций фасадов, ведь работы были начаты в феврале 2006 года. Тем не менее, в ходе натурных обследований удалось выявить недостатки ВФС и наиболее характерные ошибки, допущенные на различных стадиях реализации проекта.

В начале следует указать, что проектная документация обследованных объектов в части фасадной конструкции выполнена в крайне усеченном виде со ссылкой на технические альбомы фасадных систем, сертифицированных ФГУ «Федеральный центр технической оценки продукции в строительстве». Во многих проектах приводятся только расположение облицовочных плит, их колеровка и несколько узлов из технического альбома ВФС.

Согласно последним требованиям по энергосбережению в условиях г. Якутска для обеспечения нормируемого термического сопротивления наружной стены, выполненной из бетонного блока толщиной 200 мм, толщина минераловатной плиты плотностью $100\text{--}130\text{ кг/м}^3$ должна составлять 200 мм (для жилых зданий). При такой толщине требуется значительный вылет кронштейна

(порядка 300 мм с учетом отклонения поверхности наружных стен здания от вертикали). Натурные обследования показали, что кронштейны практически всех сертифицированных фасадных систем характеризуются недостаточной жесткостью, что приводит к вертикальным деформациям несущего каркаса и, соответственно, фасадной конструкции в целом.

Среди выявленных ошибок к числу наиболее распространенных относятся: соблюдение минимального размера воздушной прослойки между утеплителем и облицовочными плитами из-за значительных отклонений колонн от вертикали при возведении монолитного железобетонного каркаса; отсутствие теплоизоляционного слоя, перекрывающего место стыка оконных конструкций и балконных дверей с бетонными блоками заполнения стен; крепление облицовочных цементно-волоконных плит к несущим конструкциям шурупами-саморезами без специальных втулок, что вызывает разрушение облицовочных плит в угловых зонах не только под воздействием вертикальных нагрузок от собственного веса, но и вследствие температурных деформаций; применение клеммеров, изготовленных не из нержавеющей стали, а из обычной оцинковки.

На многих якутских объектах с несущими стенами из бетонных блоков толщиной 400 мм в качестве облицовочных элементов использовались крашенные профилированные листы (рис. 1–2). Для дополнительного утепления применены плиты марки Isover KT-40 толщиной 100 мм. Под облицовочной конструкцией выполнена из деревянных брусков сечением $50 \times 100\text{ мм}$, закрепленных на поверхности наружных стен при помощи уголков, что привело к отсутствию воздушного зазора. При этом деревянные бруски не обработаны ни антисептиками, ни антипиренами (рис. 3). Наиболее грубая ошибка при строительстве этих объектов — использование в качестве ветрозащиты полиэтиленовой пленки, что вызвало увлажнение теплоизоляционного материала (рис. 4).

Пугающее влияние полиэтиленовой пленки на состояние утеплителя особенно заметно в фасадных системах двух современных корпусов Якутского госуниверситета, построенных в 1997 и 1999 годах. Корпуса представляют собой многоэтажные многоуровневые здания с монолитным железобетонным каркасом с заполнением стеновых проемов бетонными блоками толщиной 200 мм (рис. 5 и 7). Композитные панели размером $1490 \times 1790\text{ мм}$ и толщиной

Таблица 1. Результаты измерений характеристик теплоизоляционных материалов

Наименование объекта	Год ввода в эксплуатацию	Марка утеплителя	Средние значения характеристик образцов утеплителя после испытаний			
			Коэффициент теплопроводности в естественном состоянии, Вт/(м·К)	Плотность, кг/м³	Влажность, % по массе	Коэффициент содержания связующих веществ, в %
80 кв. жилой дом	2002	Isover KT-40	0,0317	9,143	1,17	5,2
КГФ ЯГУ (наружный слой)	1999	Импорتن.	0,0345	95,4	1	2,8
КГФ ЯГУ (внутренний слой)	1999	Импорتن.	0,035	96,3	0,95	3,8
КФЕН ЯГУ	1997	Импорتن.	0,0348	90,3	1,1	5
Общешитие ЯГУ, 66 корп.	2002	АКСИ П-125	0,0353	99,3	0,9	2,6
40 кв. жилой дом	1999	Isover KT-40	0,0316	10,5	0,67	5,2
Центр охраны материнства и детства	1997	Импорتن.	0,0398	117,5	1	3,4
Школа №17	2002	АКСИ П-125	0,036	98,5	1,1	1,2

3 мм смонтированы кассетным способом. Кронштейны и вертикальные направляющие выполнены из алюминиевых сплавов. Фактический зазор между теплоизоляционным слоем и облицовочными панелями составляет 50–60 мм. Тепловую защиту наружных ограждающих конструкций обеспечивают два слоя минераловатных плит импортного производства (нет исполнительной документации) плотностью 90 кг/м³ (толщ. каждой плиты 80 мм). Если в первом слое теплоизоляции каждая плита закреплена четырьмя тарельчатыми дюбелями, то во втором слое плиты на некоторых участках закреплены только двумя дюбелями. Дюбели закреплены достаточно надежно и не поддаются расшатыванию.

В ходе натурных обследований этих объектов был установлен факт применения полиэтиленовой пленки в качестве ветрозащиты, что привело к преждевременному старению утеплителя, о чем свидетельствуют: изменение цвета наружного слоя минераловатных плит от темно-оранжевого до черного, разрушение наружного слоя плит, которое по глубине составляет 10–30 мм, местами до 60 мм. Внутренний слой утеплителя находится в хорошем состоянии (рис. 9). Массовой усадки минераловатных плит по ширине не обнаружено, однако местами встречаются недопустимые зазоры между плитами одного слоя (шириной более 40 мм) и щели между плитами отдельных слоев вследствие недостаточного количества креплений (рис. 10). На некоторых участках фасадов данных объектов минплита, вследствие воздействия влаги (рис. 11), увеличилась в объеме, что привело к отрыву облицовочных плит.

Несмотря на имеющиеся недостатки, тепловизионная съемка фасадов корпусов ЯГУ показала относительно равномерное распределение температуры на поверхности фасадной облицовки, что свидетельствует об отсутствии местных утечек тепла через ограждающие

конструкции. Некоторая утечка тепла наблюдается вокруг оконных проемов, что характерно для данных участков фасадной конструкции. Относительно высокая температура вдоль парапетов и в нижних внутренних угловых зонах фасадов также свидетельствует о незначительной утечке тепла через эти зоны (рис. 6, 8).

На некоторых объектах фасадные работы выполнены крайне некачественно с применением материалов, не предназначенных для эксплуатации в суровых климатических условиях. Так, применение в качестве облицовочных плит композитных панелей китайского производства привело к многочисленным деформациям панелей и обрушению навесного защитно-декоративного экрана (рис. 12). Впоследствии композитные панели на данном объекте были заменены на крашенные профилированные листы. Кроме того, функции ветрозащиты утеплителя в фасадной системе выполняла армированная полиэтиленовая пленка, что является грубым нарушением. О низком качестве теплоизоляционных работ говорят результаты тепловизионной съемки (рис. 13).

Очень актуальная проблема фасадного строительства — обеспечение защиты утеплителя от воздействия дождевой влаги в период, предшествующий монтажу облицовочных плит. Так, продолжительные дожди в летний период 2006 года привели к резкому ухудшению качества теплоизоляционных работ на объектах в г. Якутске (рис. 14).

Натурные обследования показали, что надежность и долговечность ВФС во многом зависят от начального качества изготовления элементов конструкции и выполнения монтажных работ. В качестве примера удачной конструкции ВФС и грамотно выполненного монтажа можно привести здание Центра охраны материнства и детства в г. Якутске, сданного в эксплуатацию в 1997 году (рис. 15). Несущие конструкции здания представляют

собой железобетонный каркас с монолитными стенами толщиной 200 мм. Облицовка выполнена из композитных панелей толщиной 3 мм, смонтированных кассетным способом с зазором 20 мм. В качестве под облицовочной конструкции вентилируемого фасада применены вертикальные направляющие двутаврового сечения, закрепленные на П-образных кронштейнах. Все элементы под облицовочной конструкции выполнены из алюминиевых сплавов. Между основанием кронштейнов и несущей стеной установлены деревянные прокладки толщиной 5 мм. Фактический воздушный зазор составляет не менее 80 мм. Теплоизоляция выполнена из двух слоев минераловатных плит импортного производства плотностью 117 кг/м³ общей толщиной 160 мм без ветрозащитной пленки. Удачное конструктивное решение облицовочных панелей и крепления их к направляющим обеспечивает достаточный воздушный зазор не менее 80 мм по всей высоте здания и не допускает попадания влаги снаружи (рис. 16). Все это в целом и грамотное решение фасадной конструкции в цокольной части обеспечивают хорошую вентиляцию внутри системы и эффективное влагоудаление, поэтому минераловатные плиты за 9 лет эксплуатации сохранились без видимых изменений (рис. 17).

Для оценки состояния утеплителя в ходе натурных обследований были изъяты образцы теплоизоляционного материала с каждого объекта. Определение коэффициента теплопроводности производилось прибором МИТ-1 зондовым методом и для достоверности дополнительно прибором ИТП-МГ4 согласно ГОСТ 7076-99. Кроме того, определялись весовая влажность и плотность утеплителя, коэффициент содержания связующих веществ. Фактические характеристики теплоизоляционных материалов по результатам испытаний приведены в таблице 1.

Характеристики рулонного «мягкого» утеплителя марки Isover KT-40 сроком

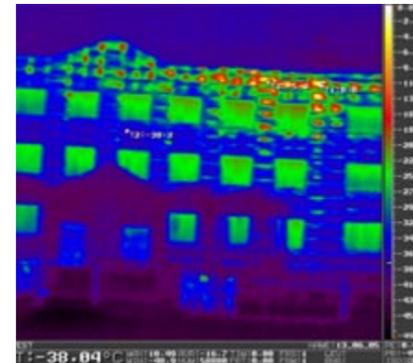


Рис. 13. Тепловизионная съемка здания школы №17 со стороны ул. Петровского



Рис. 14. Состояние теплоизоляции после продолжительных дождей на одном из объектов г. Якутска



Рис. 15. Здание Центра охраны материнства и детства, г. Якутск

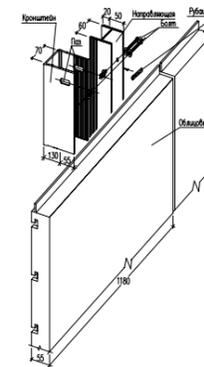


Рис. 16. Схема фасадных конструкций здания Центра охраны материнства и детства, г. Якутска

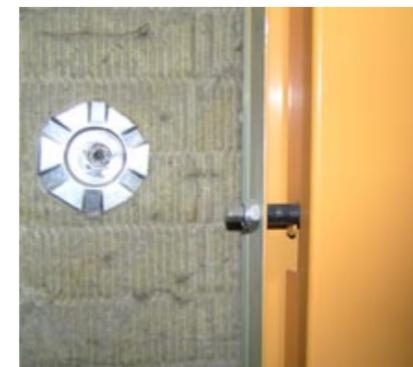


Рис. 17. Состояние минераловатной плиты после 9 лет эксплуатации при правильном исполнении фасадной конструкции и отсутствии ветрозащитной пленки. Центр охраны материнства и детства, г. Якутск

эксплуатации 4 и 7 лет, несмотря на отсутствие влагоудаления в результате применения полиэтиленовой пленки, находятся в пределах паспортных данных. Во многих фасадных системах зданий г. Якутска применены полужесткие теплоизоляционные плиты марки П125 «АКСИ» ЗАО «Завод Минплита» (г. Челябинск). Для каждого обследованного здания фактические характеристики утеплителя этого вида находятся в пределах значений, регламентированных в технических паспортах. Средние значения коэффициента теплопроводности в естественном состоянии составляют 0,0353–0,036 Вт/(м·К) и не превышают нормативных значений. Среднее значение плотности — 98,5–99,3 кг/м³, что характерно для утеплителя данного типа.

Наибольшая плотность наблюдается у утеплителя импортного производства, примененного в фасадной системе Центра охраны материнства и детства: 117,5 кг/м³ при $\lambda = 0,0398$ Вт/(м·К).

Кроме того, определялись весовая влажность и плотность утеплителя, коэффициент содержания связующих веществ. Кроме того, горючесть теплоизоляционных изделий из минерального и стеклянного волокон также определяется содержанием органического связующего. По результатам

анализа установлено, что содержание органического связующего большинства образцов отвечает техническим условиям изготовления и составляет 2,6–5,2%. Однако, в образцах из минераловатных плит П125 «АКСИ» одного из объектов установлено крайне низкое содержание органического связующего: всего 1,2%.

Небольшой период эксплуатации обследованных объектов не позволяет сделать выводы в целом о долговечности теплоизоляционных материалов фасадных систем в реальных условиях эксплуатации, что беспокоит сегодня не только специалистов в этой области, но и граждан, проживающих в зданиях с ВФС. Как показали испытания, основной параметр оценки долговечности минераловатного теплоизоляционного материала можно было бы рассматривать коэффициент содержания связующих веществ. Это подтверждают проведенные отдельные испытания образцов, изъятых из внутреннего и наружного слоев утеплителя с явными признаками расслоения. Из таблицы 1 видно, что коэффициенты содержания связующих веществ

для отдельных слоев значительно отличаются и составляют соответственно 2,8% и 3,8%.

Проведенные натурные обследования зданий г. Якутска еще раз показали, что вентилируемые фасадные конструкции являются достаточно сложными инженерными системами. Для обеспечения их надежности и долговечности необходимо выполнить следующее:

- разработать вентилируемые фасадные системы с учетом условий эксплуатации при особо низких температурах с соответствующей сертификацией всех применяемых материалов;

- уменьшить толщину теплоизоляционных материалов за счет применения теплоэффективных блоков в качестве материала заполнения проемов между элементами каркаса здания;

- усилить контроль над качеством выполнения фасадных работ со стороны служб заказчика и подрядных организаций;

- провести оценку долговечности материалов, в том числе утеплителя, в реальных условиях эксплуатации;

- провести исследования работы вентилируемых фасадных систем в условиях устойчивой особо низкой температуры наружного воздуха.