

РАЦИОНАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ УСТРОЙСТВА НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Объем домостроения в России в целом и в Санкт-Петербурге в частности постоянно возрастает. Для этого широко применяются различные новые технологии, в т. ч. большое разнообразие оригинальных отечественных и зарубежных методов устройства наружных ограждающих конструкций с вентилируемым воздушным зазором — навесных вентилируемых фасадов (НВФ).

Значительный вклад в решение теоретических и практических задач развития науки о НВФ внесли работы М. М. Бродача, В. Г. Гагарина, В. М. Горпинченко, Е. Г. Мавявиной, Т. И. Мамедова, Ю. А. Табунщикова, К. Ф. Фокина и других ученых НИИСФ РААСН, ЦНИИ промзданий, ЦНИИЭП жилища, ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, ФГУ ФЦС Росстроя, ГУ «Центр Энкалом», а также специалистов таких компаний, как «Диат-2000», «Краспан», «Юкон инжиниринг», «Каптехстрой» и Ассоциации «Наружные фасадные системы» и др.

Однако системный анализ их достижений, отечественных и зарубежных литературных источников и практики строительства и эксплуатации НВФ за период с 1980 по 2010 гг. в России и за рубежом свидетельствует о том, что многие новые типы НВФ до сих пор остаются недостаточно изученными именно с точки зрения оптимизации их технологии возведения и технологии эксплуатации. Остаются излишне высокими затраты трудовых, машинных и энергетических ресурсов как на само строительство, так и на эксплуатацию данных НВФ, поддержание требуемых нормативных эксплуатационных показателей комфортности жилых помещений при минимуме затрат. Также системный анализ существующих научных разработок по данной теме в РФ и за рубежом выявил ряд нерешенных научных задач и показал, что актуальность исследования остается высокой, и это обосновано следующими факторами:

- требуется исследовать недостаточно изученные ранее новые конструктивно-технологические решения различных типов современных навесных вентилируемых фасадов с выявлением их достоинств и недостатков;
- необходимо теоретически обосновать и скорректировать (по результатам проведения натурного эксперимента с фрагмен-

тами фасадов в тепловой камере) оптимальные теплотехнические параметры рациональных утеплителей с учетом совместной эксплуатации всех слоев в НВФ по принципу сэндвич-панелей;

- следует определить оптимальные размеры и рациональные конструктивные решения теплоизоляционных, каркасных и облицовочных конструкций НВФ с учетом критериев минимизации затрат труда и машинного времени, а также энергосбережения;

- до сих пор не выявлены и количественно не определены наиболее важные факторы и критерии, влияющие на оптимизацию технологических режимов устройства различных видов НВФ в зависимости от конструктивных решений и этажности жилых домов;

- требуется определить технико-экономические показатели конструктивно-технологических решений по новым типам навесных вентилируемых фасадов применительно к условиям строительства жилых домов в Санкт-Петербурге.

В связи с этим проблема минимизации затрат труда и машинного времени, а также энергосбережения актуальна и представляет большой научный интерес с целью повышения качества и комфортности жилья, снижения стоимости и сроков строительства, повышения технологичности строительных работ. Целью НИР являлось обоснование рациональных технологических параметров устройства навесных вентилируемых фасадов в жилых домах на примере Санкт-Петербурга за счет оптимизации приведенных затрат труда, машинного времени и стоимости при строительстве и эксплуатации.

С этой целью в 2010 г. была разработана программа исследования и в 2007–2010 гг. проведены НИР с обследованием 57 строящихся, реконструируемых и уже построенных жилых домов в Санкт-Петербурге фирмами ЗАО «ЛенСпецСМУ», «Строительный трест» и др. Объектом исследования выступали конструктивно-технологические решения применения различных типов навесных вентилируемых фасадов при возведении жилых домов. Методика исследования: вариантное технологическое проектирование, технико-экономический системный анализ инженерных решений, натурные эксперименты фрагментов НВФ в тепловой камере, теоретические и эксперимен-

тальные исследования технологических параметров процесса возведения стен жилых домов, математическая обработка результатов при решении оптимизационных задач.

Для достижения поставленной цели были проведены следующие научные мероприятия:

- 1) выполнен анализ известных конструктивно-технологических решений применения различных типов каркасов в навесных вентилируемых фасадах,

- 2) проведена сравнительная оценка применения различных видов теплоизоляционных и изоляционных материалов в навесных вентилируемых фасадах,

- 3) исследованы технологичности различных видов облицовочных конструкций в навесных вентилируемых фасадах,

- 4) теоретически обоснованы типы утеплителей и их рациональные теплотехнические параметры,

- 5) выполнена корректировка теплотехнических параметров по результатам проведения натурного эксперимента с фрагментами фасадов в тепловой камере,

- 6) выявлены и обоснованы наиболее важные факторы и критерии, влияющие на оптимизацию технологических режимов устройства навесных вентилируемых фасадов в различных условиях строительства,

- 7) оценена технологичность новых рациональных режимов устройства НВФ для различных по конструктивному решению и этажности жилых домов,

- 8) исследованы технико-экономические показатели новых технологических решений НВФ,

- 9) разработаны новые перспективные направления интенсификации технологий устройства НВФ в жилых домах,

- 10) разработан и внедрен новый технологический регламент на устройство НВФ в жилых домах Санкт-Петербурга.

Прежде всего, системный сравнительный анализ основных 25 различных отечественных и зарубежных технологий НВФ позволил выделить следующие технические и эксплуатационные преимущества их применения для жилых домов в условиях Санкт-Петербурга:

- 1) возможность при ремонте и модернизации зданий изменить устаревшую, отслужившую свой срок службы конструкцию и архитектурный облик фасадов путем замены старых видов облицовочных материалов, форматов и цветов на новые

(фиброцементные плиты, керамогранит, кассеты и др.),

2) с экономической и экологической точки зрения, это единственная оптимальная теплозащита и защита от погодных наружных условий с постоянным проветриванием утеплителя для его сухого состояния,

3) посредством беспрепятственной диффузии водяного пара сквозь стену обеспечиваются рациональная влажность для человека (60–70%) и здоровый климат внутри помещения — здание «дышит»,

4) рациональная звукоизоляция здания, что важно в условиях транспорта крупных городов и высокоплотной застройки со всех сторон;

5) за счет мобильной замены обшивки дома увеличивается срок эксплуатации всего дома в 2–10 раз (при сроках службы основного каменного остова 100 и более лет и временных обшивок — 10–50 лет),

6) длительное время сохраняются наиболее важные эксплуатационные качества здания: прочность, жесткость, устойчивость, долговечность и др.,

7) достаточно технологичная и простая фасадная технология подходит как для новостроек, так и для зданий, уже находящихся в длительной эксплуатации (ремонт, реконструкция, реставрация),

8) небольшие расходы на эксплуатацию,

9) возможность ремонта фасада или замены их отдельных частей без разрушения конструкции наружных стен и отселения жильцов (жилых домов первых массовых серий, т. н. хрущевки, или действующих зданий-памятников, охраняемых КГИОП).

Системный анализ полученных данных о технологии устройства, конструкциях и эксплуатации выборочно обследованных домов позволяет сделать выводы по обоснованию следующих шести рациональных технологических решений при устройстве НВФ в дальнейшем.

Особое внимание необходимо обратить на правильность выбора теплоизоляции и создание условий, при которых теплоизоляция сохранит расчетные параметры и долговечность. В вентилируемых фасадах нельзя использовать паронепроницаемую теплоизоляцию (материалы с закрытыми порами). Оптимальная теплоизоляция — минераловатные жесткие плиты из базальтового волокна марки «Роквул» ввиду сочетания в них негорючести, высокой теплозащиты, технологичности укладки и доступной стоимости.

Сравнительный анализ других вариантов утепления показал, что, например, традиционный пенополистирол, часто встречающийся в строительной практике в связи с малой стоимостью, после эксплуатации резко теряет теплозащитные свойства, а его замена в термовкладыше по стенам практически неосуществима. «Пеноплекс» облада-

ет уровнем долговечности в пределах 50 лет, но имеет ограниченное применение в силу своей высокой стоимости.

Далее, к оптимальным облицовкам можно отнести фиброцементные листы, состоящие из 90% цемента и 10% различных наполнителей, включая целлюлозу. В качестве плиты-основы в них используются два вида фиброцемента: «Этерборд МД» (Бельгия, старое название Duraco/Multiboard) и «Этерплан Н» (Германия).

В результате анализа данных фасадных плит также были выявлены следующие их преимущества перед другими вариантами материалов других производителей:

1) фасадные плиты представляют собой один из самых экономичных вариантов отделки для вентилируемого фасада,

2) широкий ассортимент позволяет выбирать не только покрытие панели (от зернистого до зеркально гладкого, множество цветов, разные степени гляцевания), но и саму фиброцементную плиту, на основе которой будет выполнена фасадная панель,

3) хорошие прочностные характеристики: износостойкость, стойкость к воздействию ультрафиолета, твердость покрытия, устойчивость к воздействию агрессивных веществ и окружающей среды,

4) хорошая технологичность — свойства, облегчающие монтаж и сокращающие его сроки (небольшой вес, большая площадь),

5) негорючесть (по результатам огневых испытаний системе вентилируемого фасада с применением фасадных плит присвоена категория К0) — материал можно применять на самых ответственных зданиях (высотных) и больших по площади домах,

6) морозостойкость и стойкость к климатическим воздействиям подрайона 2В (Санкт-Петербург, Ленобласть),

7) экологически чистый материал,

8) легкость при обработке и минимальные эксплуатационные расходы.

К важным выявленным факторам влияния на повышение долговечности и снижение трудоемкости устройства фасадов можно отнести:

- утепление в 1–2 слоя минватой крупными размерами и толщиной вместо тонких и небольших плит,

- минимизация воздушного зазора до требований вентиляции 2–5 см вместо встречающихся 6–10 см,

- увеличение размеров плит облицовки с площади 0,2–0,9 до 1–4 кв. м,

- снижение веса облицовки,

- оптимизация количества крепежных элементов каркаса фасада к несущей стене.

Для повышения долговечности фасадов целесообразно применять каркас на основе нержавеющей стали вместо часто используемых алюминиевых и оцинкованных аналогов.

Для защиты стены от влаги следует применять парогидрозащитную мембрану с

односторонним выпуском водяных паров из стены наружу вместо плотных полиэтиленовых пленок. При использовании в облицовке тяжелых плит керамогранита или высокой этажности дома (более 5) следует вместо традиционных анкеров-саморезов каркаса к несущей стене устраивать сквозные болтовые соединения.

Таким образом, рациональная технология устройства многослойной наружной стены дома с вентилируемым фасадом может, по расчетам автора применительно к климатическим условиям Санкт-Петербурга и с учетом требований СНиП, как вариант, заключаться в следующем (от помещения к улице):

1) внутренняя известково-песчаная штукатурка толщиной $d = 20$ мм,

2) кирпичная кладка,

3) монтаж теплоизоляции — минераловатная плита «Роквул» толщиной $d = 125$ мм,

4) крепеж ветрогидрозащитной паронепроницаемой мембраны Tyvek soft (1460 В),

5) монтаж каркаса с оставлением вентилируемой воздушной прослойки толщиной $d = 50$ мм,

6) облицовка фасада — фиброцементная панель толщиной $d = 10$ мм и номинального размера 600 x 600 мм.

Для правильного функционирования конструкции наружной стены с вентилируемой воздушной прослойкой при эксплуатации особое внимание необходимо обратить на следующие выявленные 5 факторов влияния на технологичность, трудоемкость и стоимость:

- ширина открытых швов облицовки,
- толщина вентилируемой воздушной прослойки,

- воздухопроницаемость основной конструкции наружной стены (кирпичная кладка и теплоизоляция),

- теплозащита фасада,

- звукоизоляция фасада.

Полученные результаты и их сравнение с обработкой данных методом математической статистики позволили сформулировать следующий алгоритм рациональной технологии монтажа НВФ.

1. После проведения предварительных переговоров с заказчиком необходимо согласовать с ним расщепку фасада. Без этого невозможно начать разработку проекта по монтажу. Параллельно на объекте начинается монтаж лесов.

2. Крепление несущих элементов вентилируемого фасада к стене осуществляется анкерами или болтами, выбор которых — предмет особого внимания. Они выбираются натурными испытаниями непосредственно на объекте, т. е. на той самой стене, куда они будут закреплены. Эта процедура выполняется компанией, имеющей сертифицированную для такого рода работ лабораторию.

3. В соответствии с проектом фасад здания разбивается на вертикальные оси (с помощью отвесов или геодезических

приборов), на которых делаются засечки в местах, где необходимо провести сверление под анкеры (болты) для установки кронштейнов.

4. На стену монтируется утеплитель и пароветрозащитная пленка, предохраняющая его от выветривания, и весь этот «сэндвич» крепится к несущей стене дюбелями тарельчатого типа.

5. Крепление к кронштейну направляющих профилей и установка в них кареток согласно размерам кассет.

6. Навеска панелей (кассет) на направляющие. Качество любых изделий, применяемых на фасаде (профиль, клежки, болты, утеплитель, композитный материал, пароветрозащита и т. д.), должно подтверждаться соответствующими сертификатами (Техническое свидетельство, сертификат соответствия, пожарный и гигиенический сертификат).

В процессе обследования зданий с НВФ были выявлены наиболее значимые факторы влияния на технологию:

- масса и размеры плит утеплителя, навесных панелей, элементов стального каркаса и крепежа,

- толщина воздушного зазора,
- высота здания,
- погодные условия.

Разработанные нами конструкции и технологии НВФ должны удовлетворять современным требованиям по тепловой защите зданий и обеспечивать нормируемые показатели микроклимата, а также соответствовать требованиям по звукоизоляции воздушного шума. Поэтому на следующем этапе диссертационного исследования нами были выполнены теплотехнические расчеты на основании действующих норм для жилых помещений.

Также нами были проведены как теоретические, так и экспериментальные исследования теплотехнических и технологических параметров при устройстве НВФ в жилых зданиях. Их научная задача заключается в установлении:

- во-первых, теоретически, степени влияния воздушной прослойки и отдельных материалов НВФ на тепловую защиту всей конструкции,

- во-вторых, экспериментально (т. к. теоретических документов по данному вопросу пока не создано), степени фактического снижения теплозащиты от значительного объема стального каркаса в НВФ, являющегося негативным «мостиком холода».

С этой целью, прежде всего, было проведено теоретическое исследование теплотехнических свойств навесных вентилируемых фасадов жилых зданий. Характеристики материалов НВФ принимались по сертификатам конкретных строительных материалов, которые брались на реальных строительных объектах с НВФ в 2010 г. в Санкт-Петербурге в строительных орга-

низациях ЗАО «ЛенСпецСМУ», «Петротрест» и «СЗНК».

Далее, с учетом полученных данных была обоснована многофакторная модель комплексного влияния наиболее значимых факторов (массы и размеров плит утеплителя, навесных панелей, элементов стального каркаса и крепежа, толщины воздушного зазора, высоты здания, погодных условий) на оптимизацию шести наиболее важных технологических параметров (трудоемкость, затраты машинного времени, крановое оборудование, стоимость, технологичность, качество).

Для достоверного расчета эффективности использования разработанной технологии применения НВФ необходимо учесть следующие основные принципы: метод сравнительной экономической эффективности, сопоставимость сравниваемых вариантов, фактор времени, ограничения по ресурсам, фактор неопределенности.

Уровень эффективности технологии НВФ определяется рациональностью решений, принятых на отдельных этапах технологии (закрепление утеплителя, устройство каркаса, навеска облицовки и др.), а также рациональностью их взаимосвязи. Это предопределяет важное качество подобной оценки — комплексность. При этом технико-экономическая оценка должна проводиться на всех стадиях разработки вариантов. Оценке подвергается как технология НВФ в целом, так и отдельные ее части с целью детального выявления всех факторов, определяющих уровень эффективности сравниваемых решений.

Также была исследована технологичность применения НВФ с рациональными параметрами. Исследование с хронометражем и фотофиксацией практики возведения 7-ми жилых домов в Санкт-Петербурге по обоснованной рациональной технологии НВФ в 2008 г. показало, что существует достаточно достоверная корреляционная взаимосвязь между факторами, влияющими на технологичность, и получаемыми результатами в строительном производстве.

Системный анализ существующих источников позволил разработать методику экспертной оценки рассматриваемых параметров технологичности НВФ. Методика обеспечивает количественную оценку качества технологичности, что позволяет сравнить расчетные значения с нормативами и сформулировать обобщающий достоверный вывод об уровне технологичности разработанных решений НВФ.

Экспертные оценки аккумулируют профессиональные знания опытных и квалифицированных специалистов и являются единственным инструментом, позволяющим создавать достаточно точные и надежные имитационные модели для количественного сравнения конкурирующих технологий и принятия эффективных решений.

На этой основе было разработано пять видов технологичности применения НВФ во взаимосвязи с циклами.

1. Технологичность изготовления элементов НВФ — характеристика общей технологичности подсистемы изготовления конструкций НВФ при определенных ограничениях со стороны других подсистем. Она отвечает таким критериям, как разнотипность, общее количество элементов, материалоемкость, трудоемкость, деформации и напряжения, механизация технологических процессов, точность геометрических форм, крупность элементов, сборка и готовность.

2. Транспортная технологичность — характеристика общей технологичности подсистемы транспортирования изделий НВФ при определенных ограничениях со стороны других подсистем. Она отвечает таким критериям, как разнотипность, разновесность, стоимость транспорта, укрупнение отправочных элементов, загрузка подвижного состава транспортного средства, механизация погрузки и разгрузки.

3. Технологичность монтажных работ — характеристика общей технологичности подсистемы монтажа конструкций НВФ при определенных ограничениях со стороны других подсистем. Она отвечает таким критериям, как трудозатраты, выполнение мокрых процессов, деформации и напряжения, механизация процессов, скорость выполнения СМР, однородность ячеек здания, однородность участков захватов ярусов, однородность конструктивных элементов, удобство сборки сварки, учет допусков.

4. Эксплуатационная технологичность — совокупность технических свойств жилого дома в период нормальной эксплуатации, характеризующейся с позиции обобщенного критерия оценки. Эксплуатационная технологичность должна учитываться на стадии проектирования и удовлетворять требованиям удобства в эксплуатации и затрат по эксплуатации, экономии энергоресурсов и автоматизации, трудоемкости и минимизации затрат.

5. Технологичность модернизации и реконструкции — улучшение и изменения технических свойств жилого дома: объемно-планировочные изменения, введение новых технологий, новых механизмов и оборудования, чтобы объект удовлетворял современным требованиям научно-технического прогресса и технического уровня строительного производства.

При этом под общей технологичностью применения конструкций НВФ предлагается понимать совокупность технических и организационно-технологических решений возведения фасадов жилых домов, их эксплуатации, дальнейшей модернизации и реконструкции, характеризующих современные требования к строительному производству.

Выводы

На основе выполненного научного исследования можно сформулировать следующее обобщающее заключение по обоснованию рациональных технологических параметров устройства навесных вентилируемых фасадов для жилых домов.

1. Разработаны новые практические алгоритмы и рекомендации для проектирования новых рациональных параметров различных новых видов технологий устройства НВФ.

2. Оптимальной теплоизоляцией являются минераловатные жесткие плиты из базальтового волокна.

3. К оптимальным облицовкам можно отнести фиброцементные листы, рейки, керамогранит; к каркасу — нержавеющей сталь и болты.

4. Системный научный анализ вариантов использования предложенных автором вариантов конструкций НВФ показал их большую технико-экономическую эффективность по сравнению с сопоставимыми и современными широко применяемыми аналогами: технологией сплошной кирпичной стены из поризованного керамического кирпича (дома высокого качества и элитные) и с технологией кирпичной кладки с использованием газобетонных блоков (дома социальные и с экономичными квартирами).

5. Выполнено экспериментальное внедрение разработанной новой технологии НВФ в 4-х вариантах.

6. Проведена проверка эффективности данных технологических решений в условиях строительных площадок Санкт-Петербурга при возведении жилых домов компаниями ЗАО «ЛенСпецСМУ» и ЗАО «СЗНК» в 2008 г.

7. Обоснованные автором варианты технологий работ с рациональными параметрами НВФ отличаются от традиционных способов устройства НВФ следующими преимуществами: более экономичным расходом доступных строительных материалов, меньшей трудоемкостью, простотой выполнения рабочих операций, меньшей приведенной стоимостью с учетом стадии эксплуатации с ремонтами. Конкурентным достоинством на рынке строительных работ является то, что разработанные варианты технологий позволяют вести работы звеном всего из двух рабочих (монтажник и облицовочник) средней квалификации и с 3–4 разрядом практически круглогодично, в т. ч. при отрицательной температуре.

8. Предлагаемые технологические и конструктивные решения позволяют оптимально, по принципу раздельного применения, использовать конструкционные (несущие) и теплозащитные (ограждающие) свойства стены, уменьшить количество швов и стыков и организовать интенсивный технологический процесс на строительной площадке. Это обеспечит достижение поставлен-

ной теоретической научной и прикладной цели диссертации — снижение сметной стоимости строительства и эксплуатации жилых домов на протяжении всего их жизненного цикла до 100 лет расчетного срока службы каменных зданий, причем совместно с существенным повышением стабильности теплозащитных свойств наружных ограждающих конструкций за счет обеспечения их постоянного сухого состояния.

9. Исследование технологичности применения рациональных конструкций НВФ с помощью методов экспертного оценивания доказало достаточно высокий уровень технологичности разработанных решений с комплексным учетом как заводской, транспортной, монтажной и эксплуатационной технологичности, так и технологичности модернизации и реконструкции. При этом интегральный критерий технологичности разработанных автором вариантов НВФ оказался равным 0,665, что соответствует высокой степени простоты, экономичности и индустриальности выполняемых строительно-монтажных работ и способствует повышению общей эффективности процесса возведения жилья в России в XXI веке.

А. Е. ПИСКУН, к. т. н., Россия, г. Рязань, ХУАН ХЭ, магистрант, Китай. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫСТАВОЧНЫЙ КОМПЛЕКС

Информация
о строительных
материалах
и технологиях
из «первых уст»



197342, С.-Петербург,
ул. Торжковская, д. 5,
(812) 324-99-97
(812) 496-52-14
(812) 496-52-15
(812) 496-52-16
adm@infstroy.ru



И. И. Белинская,
генеральный
директор ПСЦ



У НАС ВЫ МОЖЕТЕ ЗАКАЗАТЬ:

- Стенд на постоянно действующей выставке
- Проведение мероприятий различного формата
- Страницу или мини-сайт на виртуальной выставке
- Маркетинговое исследование



Организация и проведение
профессиональных конкурсов.

www.infstroy.ru

