

**Практика тестирования светопрозрачных фасадов
на воздухо- и водонепроницаемость на опыте работы
в Канаде и США и применимость этого опыта
к реалиям Российской Федерации**

Михайленко С.П.

P. Eng., Consulting Engineer, Канада

АННОТАЦИЯ

Введение. В данной статье обобщается опыт тестирования светопрозрачных фасадов и оконных систем на выполнение таких работ в Северной Америке и проводится сравнение с подходами в этом вопросе на территории Российской Федерации.

Материалы и методы. Анализируются история тестирования фасадных систем и оконной продукции в Канаде и США, учитывая их богатый опыт в возведении и испытаниях таких конструкций. Проводится сравнительный анализ с существующими методами тестирования в Российской Федерации, конкретно на основе недавно изданного ГОСТа 70941–2023 «Конструкции Фасадные Светопрозрачные. Методы определения водонепроницаемости в натуральных условиях». Приводятся примеры используемого оборудования для тестирования на строительной площадке и лаборатории.

Результаты. Определяется порядок проведения таких тестов, используемое оборудование и правила техники безопасности при проведении работ по тестированию на строительной площадке.

Выводы. Отсутствие единого стандарта на проведение испытаний светопрозрачных фасадов в Российской Федерации на строительной площадке может привести к ситуации, которая в свое время возникла в канадском Ванкувере, когда фасады множества зданий не справлялись со своей основной функцией — отделения наружной окружающей среды от внутреннего пространства и создания благоприятных условий пребывания людей внутри здания. Вновь принятый ГОСТ 70941–2023, к сожалению, напоминает описание методов мытья фасадов перед сдачей здания в эксплуатацию, и не описывает адекватные инженерные подходы к тестированию светопрозрачных фасадов для определения их устойчивости к природным воздействиям (ветра и дождя). Назрела необходимость создания единого стандарта тестирования для всех участников строительства светопрозрачных фасадов и выработки показателей, которые будут характеризовать такие конструкции по типам и способности предотвращать проникновения дождя или воздуха во внутренние помещения.

**The practice of testing translucent facades for air
and water permeability based on experience in Canada
and the USA and the applicability of this experience
to the realities of the Russian Federation**

ANNOTATION

Introduction. Current article summarizes North American practices of standard test methods for exterior glazing applications, such as curtain walls, windows and compare these methods with practices exists in Russian Federation.

Materials and methods. It was assumed analysis of the testing principles for curtain walls and windows in Canada and USA, based on the long-term experience of these works and their tests. This article also contains comparison with the existing testing methods in Russian Federation, based on the recently published GOST 70941–2023 “Translucent facade construction. Methods of determination of water permeability under natural conditions”. There is a description of the recommended equipment for testing in a lab and construction site.

Results. The article describes required methods of testing, used equipment, safety rules during test development on construction site.

Conclusions. The absence of the uniform construction site testing standard for the curtain wall and windows in the Russian Federation can create a situation very similar to that once arose in Vancouver, Canada in the beginning of 90th last century, when a lot of building facades starts leaking (leaky condo in Vancouver) and do not comply with the main purpose of the exterior skin of building — to separate exterior environment from interior and provide to public favorable conditions for living in the building. Unfortunately newly developed GOST 70941–2023 more looks like the description of the facades washing before occupancy, than provides engineering approaches for testing facades and determine resistance to withstand with applicable environmental loads on buildings (wind and rain). It is time, when it is necessary to develop uniform standard for all contractors, who builds curtain wall and windows and how these building skin structures suppose to prevent air or water leakage to the interior of the buildings.

Представляемая работа имеет цель ознакомить Архитекторов, Инженеров, слушателей факультетов Архитектуры и Промышленного и гражданского строительства с подходами к вопросам тестирования смонтированной в здании оконной системы и подтверждения того, что установленные светопрозрачные конструкции будут адекватно противостоять проникновению воды через оконную систему внутрь помещения.

Данная работа вызвана появлением в стандартах Российской Федерации ГОСТ 70941–2023 «Конструкции Фасадные Светопрозрачные. Методы определения водонепроницаемости в натуральных условиях», который, по мнению автора, является неким повторением устаревшего стандарта, действовавшего на территории США и Канады достаточно длительный период, но в настоящий момент используемого только для предварительного тестирования смонтированной системы Подрядчиком, но не для серьезного анализа смонтированной системы.

Автор данной работы имеет богатый практический более чем 30-летний опыт в области возведения и проектирования светопрозрачных фасадов в России и за рубежом и делится своим практическим опытом в этой области.

Предисловие

С появлением на строительном рынке значительного количества разнообразных светопрозрачных и просто фасадных компонентов возникла необходимость создать и систематизировать принципы и подходы к защите внутреннего пространства здания или сооружения от воздействия атмосферных осадков и упорядочить подходы к тестированию такой продукции с целью одинаковой оценки стойкости фасада к атмосферным воздействиям. К сожалению, на текущий момент в вопросах тестирования светопрозрачных конструкций в Российской Федерации присутствует некая анархия и отсутствие четкой классификации продуктов светопрозрачных элементов фасада. Каждый Институт или Подрядчик, практикующий в этой области, использует свои собственные подходы к вопросам тестирования, а нормативной базы для таких проверок пока нет или есть то, что в принципе сомнительно применять для определения реальных цифр по стойкости фасада к проникновению воздуха или воды. Трудно сказать, чем вызвана эта ситуация, возможно, тем, что ГОССТРОЙ РФ в нынешнем своем облике утратил позиции ведущего государственного учреждения, контролирующего процессы стандартизации и управления профильными институтами в различных строительных процессах с точки зрения разработки и рассмотрения требуемых ГОСТов, Сводов правил, и СНиПов, регулирующих вопросы качественного строительства в РФ. Отсюда и произрастают всевозможные документы различных институтов, которые имеют малый или вообще

не имеют опыта работы с такими фасадными конструкциями.

Это общеизвестный факт, что конструкции светопрозрачных фасадов из алюминия появились на строительном рынке в начале 50-х годов XX в. по окончании Второй мировой войны, когда высвободившийся объем алюминия из авиационной промышленности направлен в строительство. Появились витражи и остекление значительных площадей фасадов здания на основе алюминиевых стоечно-ригельных систем, которые требовали проверки в ходе и по окончании строительства на соответствие поставленной задачи — отделения наружного пространства от внутреннего и создания комфортной среды пребывания внутри здания. Для этого нужно было убедиться, что такой остекленный фасад адекватно воспринимает воздушные массы, действующие на фасад, и противостоит проникновению дождевой воды внутрь помещения. Это можно было сделать только при тестировании системы на возможные природные нагрузки в соответствии с районом строительства.

Начало изучению вопросов тестирования оконной продукции в строительной индустрии положил Норвежский Исследовательский институт в сфере строительства (*Norwegian Building Research Institute, NBRI*), в 1949 году и первые его изыскания в 1950 г. были посвящены вопросам изучения работы оконных систем под воздействием атмосферных и природных явлений. Первые испытания небольших по размеру окон были довольно примитивны и работали по принципу статического воздействия водной завесы на окно в течение 5 часов под различным давлением. Такой статический метод испытаний окон на водонепроницаемость просуществовал до 1975 года в США и Канаде.

Мы не будем долго рассматривать различные прошлые, более чем 50-летней давности, способы тестирования оконных конструкций, в основном напоминающие пожаротушение из брандсбойта, в связи с тем, что большинство из них уже изжило себя и практически вся индустрия светопрозрачных фасадов Северной Америки, Европы и Азии перешла на ту методику, которая действует и по сей день. Преимущественно, это однокамерная система тестирования статическим или динамическим методом. Ссылки на действующие на сегодняшний день стандарты ASTM и рекомендации ААМА даны в Списке Стандартов... (см. стр. 1411).

Тесты делятся на лабораторные и на те, которые производятся на строительной площадке. На практике используются два метода тестирования — это статический, который может производиться как в лаборатории, так и на строительной площадке, и динамический, который производится, как правило, только в лаборатории во избежание проблем с техникой безопасности во время исполнения теста, которые могут возникнуть при прове-

дении теста на стройплощадке. В США и Канаде тестирование регламентируется двумя агентствами и одним общим американско-канадским стандартом, указанном ниже:

- ASTM — *American Society for Testing and Materials* Американская национальная система стандартов для материалов используемая в США (в некоторых случаях в Канаде) для стандартизации используемых материалов в промышленности, строительстве и других отраслях, включая методики тестирования материалов или конструкций из них;

- AAMA — *American Architectural Manufacturers Association* (Американская Ассоциация Производителей Ахитектурных Компонентов);

- AAMA/WDMA/CSA 101/I. S.2/A440-11 NAFS[®] — North American Fenestration Standard/Specification for windows, doors, and skylights (существует уже версия 2022 года, но она пока не принята к действию).

Последний стандарт был выработан совместно ААМА и CSA (Canadian Standards Association) для того, чтобы и Канада и США имели единый подход к определению соответствующего класса выпускаемых окон, дверей, стеклянных крыш и т.п. светопрозрачных конструкций и имели похожую методику тестирования и оценки. Это в основном связано с тем, что между Канадой и США присутствует значительный товарооборот в области поставок светопрозрачных конструкций и, естественно, что Заказчики в США заинтересованы в получении продукции, отвечающей требованиям стандартов США.

На основании данного стандарта были выработаны четыре класса соответствия, или возможно стоит назвать их еще классами качества. Эти классы обозначены соответственно **R**, **LC**, **CW** и **AW** и относятся к окнам и дверям. Стеклянные кровли, окна на кровле, а также некоторые другие светопрозрачные конструкции, такие как пластиковые фонари не подпадают под эти классификации.

Нижеперечисленные классы светопрозрачной продукции это:

R — оконные блоки обычно используемые в индивидуальных домах;

LC — оконные изделия, используемые в малоэтажных, а также в зданиях высотой до 60 метров (до 20 этажей), это как правило многоквартирные жилые дома, где возможны значительные размеры окон и действуют более высокие нагрузки и требования к прогибам элементов окон, чем на малоэтажных зданиях;

CW — оконные изделия, используемые в малоэтажных, а также в зданиях высотой до 60 метров, где возможны значительные размеры окон и действуют более высокие нагрузки и требования к прогибам элементов окон, чем на малоэтажных зданиях, и более тяжелые условия эксплуатации (больше относится к коммерческим зданиям, нежели к жилым);

AW — оконные изделия, используемые в высотных зданиях и зданиях средней этажности от 20

до 60 этажей в высоту и выше, где действуют значительные нагрузки, предъявляются высокие требования к прогибам элементов окон, а также окна, предназначенные для использования в зданиях с интенсивным их использованием. Такие здания в Северо-американской индустрии относятся к зданиям высотным (*high-rise buildings*).

Для каждого из этих классов определены следующие требования:

PG — Класс (*Performance Grade*);

DP — Проектное давление (*Design Pressure*);

STP — Требования по способности противостоять определенным нагрузкам, конструктивные требования (*Structural Test Pressures*).

Также для каждого класса определены минимальные требования, такие как:

- максимальное давление, при котором не происходит проникновение воды;

- разрешенный объем проникающего через систему воздуха;

- допустимые прогибы элементов светопрозрачной конструкции;

- сопротивление к принудительному проникновению;

- усилие для открытия двери или окна (как правило, используется для скользящих или складывающихся дверей) а также некоторые другие параметры, которые могут быть определены Архитектором и которые необходимо учитывать при тестировании светопрозрачной продукции.

Эти требования должны быть отражены в проектной документации здания или сооружения, где Подрядчику даются четкие указания по методике тестирования смонтированной им фасадной системы, какой стандарт будет использован и какая процедура тестирования будет применена к испытываемому фасаду или его части. Это должно быть отражено или в архитектурных спецификациях к проекту или же в тендерной документации, которая должна по-прежнему быть в силе и после подписания контракта между Заказчиком и Подрядчиком. Также Подрядчик должен учитывать нагрузки, действующие на фасад, которые определены Инженером, проектирующим фасадные конструкции. Это может быть связано с ветровыми нагрузками как негативными, так и позитивными, местонахождением проектируемого здания (либо это здание находится в плотной городской застройке, либо на открытом пространстве, либо в смешанной застройке), с его высотой, конфигурацией здания, расположением оконных изделий в угловых зонах здания и т.д.

Необходимо реально представлять, что проникновение воды через фасадную конструкцию возможно при наличии трех основных факторов, которые влияют на появление воды, это:

- откуда вода поступает (источник воды);

- наличие каких-либо пространств или отверстий, через которые вода может проходить;

- сила, которая как бы толкает эту воду через отверстия.

Что касается сил, способных «проталкивать» воду через фасадную конструкцию, то это могут быть следующие:

- сила тяжести;
- капиллярное воздействие, как правило, вызываемое взаимодействием молекул воды;
- сила поверхностного натяжения воды;
- сила, возникающая в результате разницы давления снаружи и внутри помещения.

Обычно одно или два из вышеперечисленных воздействий заставляет воду проходить через конструкцию фасада, однако при значительной ветровой нагрузке во время дождя возможно участие всех вышеперечисленных сил в продвижении воды через фасадную конструкцию. В частности, в Канаде применяется термин *driving rain wind pressure (DRWP)*, что означает дождь, движимый давлением ветра, который основывается на климатических изысканиях окружающей среды, проводимых соответствующими службами министерства окружающей среды и природных ресурсов Канады и рассчитывается для региона проектирования при необходимости. Скажем, если для центральных районов Канады величина DRWP не превышает 150–200 Па, то для Западного побережья Канады, региона Ванкувера эта величина достигает 500 Па, что естественно влияет на требования, предъявляемые к оконной продукции и фасадным конструкциям.

Подготовка к тестированию светопрозрачной конструкции фасада на водонепроницаемость на строительной площадке

В соответствии с действующими стандартами Канады и США на тестирование оконных конструкций на строительной площадке основополагающими документами являются ASTM E1105⁽⁹⁾, в котором подробно расписан порядок ведения теста и представление его результатов и ААМА 503⁽¹⁰⁾, который описывает методику проведения теста, принципы оценки качества тестируемой части фасада или окна, составление отчета о результатах теста. Оба эти стандарта дополняют друг друга и должны использоваться в процессе подготовки и исполнения теста для руководства.

Эти стандарты распространяются на тестирование на строительной площадке на следующие светопрозрачные конструкции фасада здания на водонепроницаемость:

- наружные окна (*punch windows*);
- навесные светопрозрачные конструкции фасада (*curtain wall*);
- самонесущие оконные блоки (*window wall*);
- светопрозрачные кровли (*skylights*);
- двери (*doors*).

Обычно при использовании однокамерного метода статического испытания наружная плоскость тестируемого светопрозрачного фасада обращена

наружу. Такая конфигурация дает полный доступ к обследованию любого из компонентов тестируемого оконного компонента и при необходимости позволяет проводить необходимый ремонт отдельных компонентов. При такой конфигурации возможно проводить тест как на проникновение воздуха, так и на проникновение воды.

Архитектор или Фасадный Консультант выбирают место проведения теста в строящемся здании. Имеет смысл проведения теста на тех этажах, где есть доступ к фасадной конструкции, как правило, это нижние этажи или оконные конструкции, расположенные на балконах, террасах, но в практике случались и случаи, когда рамка с форсунками располагалась на наружной навесной платформе с ограждением (*swingstage*). Рекомендуемая площадь тестируемой поверхности должна быть не менее 10,0 м² ^(12, 9).

Установленная оконная или остекленная фасадная конструкция должна быть полностью укомплектована, остеклена, все уплотнительные резинки и герметики (*gaskets, caulking rods, sealants*) установлены, проинспектированы перед тестированием. Тестирующий должен убедиться в том, что собранная оконная конструкция выполнена в строгом соответствии с утвержденными рабочими чертежами и не имеет никаких повреждений, которые могут повлиять на ход или результаты теста.

В тестируемое пространство должны быть включены:

- швы примыкания фасадной конструкции к смежным стенам (для США, но не для Канады, где швы примыкания к смежным конструкциям не входят в тестирование);
- типовые узлы и соединения;
- соединения компонентов каркаса или рамы;
- как минимум два остекленных элемента фасада;
- как минимум два непрозрачных (алюминиевые панели или непрозрачное стекло (*spandrel glass*)) компонента фасада, имеющих вертикальные стойки и горизонтальные ригеля);
- отрывающиеся компоненты фасада необходимо изолировать, исключить из данного теста, так как они тестируются отдельно.

Тестирование на строительной площадке должно проходить до установки гипсокартона или каких-либо других строительных конструкций, которые могут закрыть от обозрения тестируемые швы и компоненты фасада. Если все-таки какие-то компоненты, мешающие обзору, уже установлены, они должны быть демонтированы и убраны с тем чтобы иметь адекватный доступ ко всем частям тестируемого фасада специалистам, проводящими тестирование. В случае, если производится тестирование части фасада, которая имеет в своем составе конструктивное остекление (*structural glazing*), тестирующая компания должна убедиться, что силикон,

использованный при конструктивном остеклении, включая герметики (*sealants*), которые обеспечивают герметизацию от проникновения воды и воздуха, приобрели достаточную прочность (*are properly cured*).

С целью снижения зависимости процедуры тестирования от возможной ветреной погоды или резкого изменения атмосферного давления во время проведения теста, очень часто используется альтернативный метод создания давления на конструкцию светопрозрачного фасада с помощью создания камеры разрежения на внутренней поверхности светопрозрачного фасада. Откачивая воздух из этой камеры создается пониженное давление на конструкцию фасада, которое как бы симулирует внешнее давление на фасад. Такой способ в настоящий момент является наиболее часто применяемым. Нижеперечисленное оборудование и материалы используемые для тестирования должны соответствовать требованиям, предъявляемым к методике проводимого теста.

Необходимое оборудование для проведения теста на водопроницаемость на строительной площадке



Следующее оборудование необходимо для проведения теста на водопроницаемость фасадной конструкции. Следует иметь ввиду, что возможно использование подобного оборудования с аналогичными характеристиками, но других производителей.




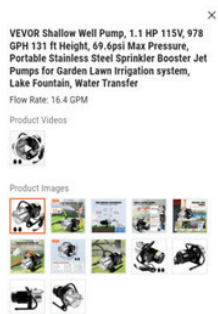
Порядок проведения теста

Данный тест может проводиться двумя путями:

1. Подача воздуха в наружную камеру для создания внешнего давления на конструкцию;
2. Откачка воздуха из внутренней камеры тестируемой конструкции для создания разницы в давлении на наружной стороне конструкции и внутренней путем создания необходимого давления во внутренней камере.

При первом варианте есть некоторые сложности по установке камеры и герметизации ее в стыке с тестируемым фасадом. Надо также учитывать, что в наружной камере должна стоять рамка с форсунками для подачи воды на фасад, а также подаваться

Номер	Наименование изделия
1	<p>Бронзовые форсунки под шланги или трубы диаметром 1/2 дюйма (12,7 мм). В-25 форсунки — это двухкомпонентное изделие с большой поверхностью распыления. Подобные форсунки широко используются в промышленности. Угол разбрызгивания должен быть 80°, а давление подаваемой воды 30–35 psi (2,47 атмосфер). Форсунки устанавливаются в раме для создания водяной завесы перед тестируемой светопрозрачной конструкцией на расстоянии друг от друга 600 мм по горизонтали и вертикали. Рама монтируется на расстоянии 300 мм от тестируемой конструкции.</p> <div data-bbox="289 1144 1085 1563">  <h2 data-bbox="452 1155 663 1200">GS Nozzles</h2> <div data-bbox="452 1261 683 1285"> <h4>SPRAY CHARACTERISTICS</h4> <p>Full cone spray pattern with uniform distribution throughout the cone.</p> </div> <div data-bbox="452 1375 597 1400"> <h4>CONSTRUCTION</h4> <p>Two-piece body + removable insert. Available in male and female threads. The nozzle contains a patented insert with larger flow passages than older styles, and is less susceptible to clogging.</p> </div> <div data-bbox="868 1261 1085 1285"> <h4>TYPICAL APPLICATIONS</h4> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Chemical Processing ▶ Cooling Sprays ▶ Foam Breaking ▶ Continuous Casting </div> <div data-bbox="868 1424 1085 1449"> <h4>STANDARD MATERIALS</h4> <ul style="list-style-type: none"> ● Brass ● 303SS ● 316SS </div> </div> <p data-bbox="266 1615 560 1637">https://bex.com/products/7075</p>
2	<p>Поливочный шланг рекомендуемым диаметром 19 мм (3/4 дюйма) для подачи воды</p> <div data-bbox="298 1675 643 2007">  </div> <p data-bbox="266 2024 1156 2047">https://www.homedepot.ca/product/swan-3-4-inch-x-75-ft-contractor-farm-hose/1000820817</p>

Номер	Наименование изделия
3	<p>Рама из труб диаметром 1/2 дюйма для устройства водяной завесы перед оконной системой с форсунками. Размер 10 × 10 фут (3,3 × 3,3 м) для создания водяной завесы проверяемого оконного заполнения площадью не менее 10 м². Вертикальные и горизонтальные размеры между форсунками, как правило, 2 фута или 610 мм</p>  <p>https://www.sprayrack.com/products/spray-rack-calibration-test-how-to-video</p>
4	<p>ААМА КИТ (кран с манометром, необходимый для подключения к раме водяной завесой и осуществлению контроля давления воды, подаваемой на тестируемую часть фасада)</p>  <p>https://shop.alabastersupply.com/aama-water-products/aama-kit/</p>
5	<p>Пленка полиэтиленовая толщиной порядка 0,15 мм для закрытия внутренней поверхности тестируемого фасада или окна. При проведении теста на воздухопроницаемость используется аналогичная пленка только несколько меньшей толщины, и она наклеивается на наружную поверхность тестируемого фасада</p>
6	<p>VEVOR Shallow Well Pump, 1.1 HP 115V, 978 GPH 131 ft Height, 69.6psi Max Pressure, Portable Stainless Steel Sprinkler Booster Jet Pumps Насос для создания дополнительного давления при подаче воды на распылительные форсунки при необходимости</p>   <p>https://www.vevor.ca/jet-pump-c_11098/vevor-shallow-well-pump-portable-garden-water-jet-pump-1-1hp-978-gph-131-ft-head-p_010302030567?adp=gmc&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_id=20168407105&utm_term=&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAzoeuBhDqARIsAMdH14GtM5o-T-ZcZIUZ26RW2xu0BnmnZH3CB01aPAOVucC2pWBeUF6jlbMaAnWvEALw_wcB</p>

Номер	Наименование изделия
7	<p>Клейкая лента шириной 60 мм для контроля стыков полиэтиленовой пленки и примыкания ее к конструкциям светопрозрачного фасада или к смежным фасаду конструкциям</p> 
8	<p>AW-3000 (Automates Testing Solutions) Эта модель портативного оборудования для теста на проникновение воды и воздуха через фасадную систему. Данная модель имеет все характеристики, необходимые для проведения как теста в лабораторных условиях, так и на строительной площадке. Соответствует стандартам, предъявляемым для тестирования согласно ASTM, AAMA, CSA & NAFS</p>  <p>https://www.ats-equipment.com/?page_id=126</p>
9	<p>LYCEBELL Manometer; Professional Air Pressure Meter Манометр для измерения давления воздуха. 12 возможных единиц измерения (mmHg, inHg, ftH₂O, cmH₂O, inH₂O, Pa, KPa, mbar, bar, psi, Kgcm² and ozin²) три измерительные опции (Max, Min, разница давления DIF) Цифровой измерительный прибор с возможностью измерения давления ±2,999psi или ±20,68 KPa с точностью ±0,29 % FSO и разрешением до 0,001, рабочие температуры -40 °F~176 °F (-40 °C ~ 80 °C)</p>  <p>https://www.amazon.ca/dp/B0BVB36DGH?psc=1&ref=ppx_yo2ov_dt_b_product_details</p>

воздух для создания давления воздушных масс на фасаде. Все это довольно сложно загерметизировать.

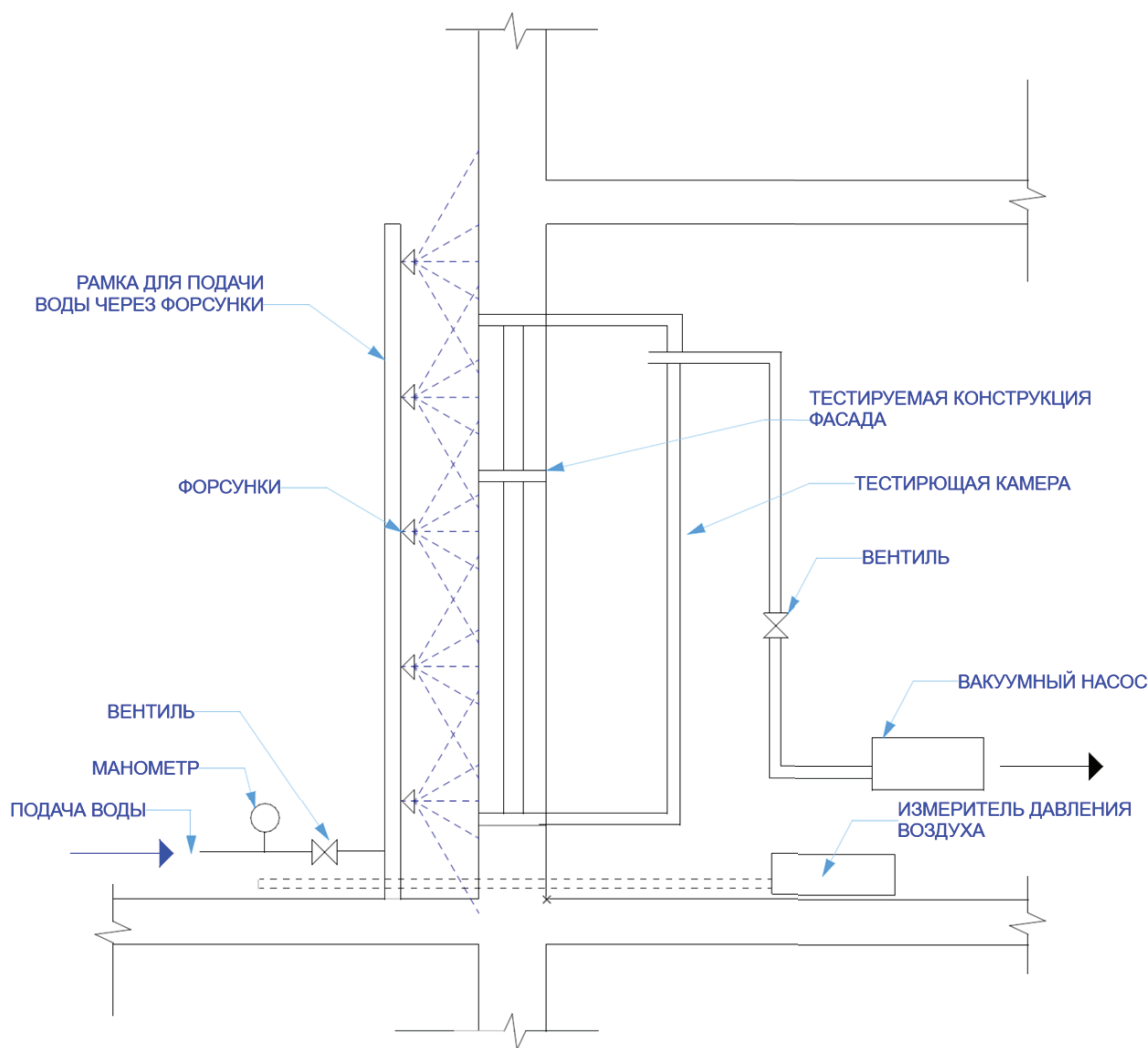
Во втором случае при устройстве внутренней камеры все несколько проще и влияние наружных погодных условий сводится к минимуму, что позволяет проводить тест в более «комфортных» для результатов теста условиях, так как при наружном устройстве камеры существует риск влияния наружных погодных условий на замеры разницы давления между наружным и внутренним воздухом при создании статического воздушного давления. При порывах ветра, которые вызывают колебания давления $\pm 10\%$, следует прекратить тест и проводить его в другое время, когда ветра нет.

По этим причинам все же более целесообразно проводить тест, используя камеру для создания давления с внутренней стороны фасадной конструкции, путем откачки воздуха из камеры и тем самым создавая внутреннее требуемое давление.

Используя вышеуказанное оборудование, техник подготавливает фрагмент фасада или окно к тесту (рис.).

Согласно ASTM E 1105⁽⁹⁾, снаружи фасада на расстоянии порядка 300 мм (± 25 мм) устанавливается рамка с форсунками, которая подключается к линии водоснабжения. Как правило, обычного давления в водопроводной сети достаточно для подачи воды к фасаду через форсунки. При недостаточном давлении используется насос, повышающий давление, указанный выше. Согласно ААМА 503⁽¹⁰⁾, давление воды, подаваемое на форсунки должно быть в пределах 30–35 psi или 2,0–2,4 атм (205–240 кПа), хотя допускается проводить тест при более низком давлении как 25 psi (170 кПа), но в этом случае в письменных результатах тестирования указывается такой факт. Обычно так происходит, когда нет возможности получить достаточное для теста давление в системе водоснабжения.

Создаваемая водяная завеса перед фасадом должна подавать минимально $3,4 \text{ L/m}^2 \cdot \text{min}$. Согласно ASTM E 1105⁽⁹⁾, подача воды в таком объеме соответствует дождевому напору 20,3 см в час. (Для информации — в 48 штатах из 51 максимальный уровень напора дождя составляет менее 12,7 см в час. Вы-



Общая схема установки оборудования по тестированию фасада на водонепроницаемость

бранный напор согласно ASTM E 1105⁽⁹⁾ относится в основном к прибрежным районам Тихого и южных штатов у Атлантического океанов).

На обратной стороне фасадной конструкции устанавливается полиэтиленовая пленка, закрепленная к примыкающим конструкциям с помощью клейкой ленты, и укрепленная обрезками гипсокартона или деревянными рейками с целью предотвращения излишней деформации пленки под негативным давлением внутрь помещения. Все соединения и прохождения труб, датчиков и т.п. должны быть тщательно загерметизированы. Как на линии подачи воды, так и на линии забора воздуха должны стоять измерительные манометры для контроля давления воды и воздуха. Пленка может устанавливаться только на рамку фасадной конструкции, в этом случае швы примыкания исключаются из тестирования. Но для полноты картины установки рекомендуется делать тест вместе со швами примыкания (только для США).

Калибровка форсунок, манометров должна производиться один раз в полгода как минимум. До начала теста техник и контролирующие специалисты должны убедиться, что все поверхности тестируемой фасадной конструкции сухие, все соединения герметичны, аппаратура настроена на рабочее состояние и т.д.

Большинство светопрозрачных конструкций, описанных выше, требуют тестирования на давление 700 Паскаль. Так, например, практически все типы светопрозрачных конструкций типа R, LC, CW и должны проходить тестирование на 700 Па. Иногда окна типа R проходят тестирование на 300 или 400 Па, но это определяется чаще всего Архитектором или на основании калькулятора, которым можно пользоваться онлайн на следующем веб-сайте — <https://www.fenestrationcanada.ca/calculator>

Для высотных зданий 100 и более этажей расчетное давление определяется Инженером, проектирующим фасад совместно с Фасадным Консультантом и Архитектором. В случае отсутствия в архитектурных спецификациях требований по проведению теста и используемому давлению, допускается проводить тест в соответствии с давлением, определенным по формуле

$$WTP = PDWP \times 20 \% \times 0,67,$$

где WTP — Water Test Pressure; PDWP — Positive Design Wind Pressure.

Такую методику используют обычно для зданий выше 100 этажей.

Техник, проводящий тестирование, равно как и компания, производящая тест, должны быть аккредитованы в ААМА как сертифицированная лаборатория.

Минимальное давление, при котором проводится такой тест — это 300 Па. Иногда до проведения теста на проникновение воды производится

тест на движение воздуха через систему, поэтому для определения воздухопроницаемости используется для руководства стандарт ASTM E 783⁽³⁾, а для водонепроницаемости — ASTM E 1105⁽⁹⁾. Рекомендуется до проведения теста на водонепроницаемость выполнить двухминутный «сухой тест» (*dry test*), который заключается в том, что при том же давлении, на которое проводится тест, выполняется «заполнение» системы фасада воздухом. Это позволяет убрать любые остатки воды из фасадной системы, тем самым привести тестируемый фасад в сухое состояние, исключая дополнительное содержание воды в нем. По окончании этого теста все конструкции тестируемого фасада тщательно вытираются, и уже после этого приступают к основному тесту на проверку водонепроницаемости фасада или других конструкций, указанных выше.

Сам тест в соответствии с ASTM E 1105⁽⁹⁾ может выполняться двумя способами.

Вариант 1. Единоразовый тест.

1. Давление и объем подаваемой воды на фасадную конструкцию должны быть в соответствии с цифрами, приведенными в ААМА-WDMA-CSA 101-I. S.2-A440-11 North American Fenestration Standard-Specification for windows, doors, and skylights⁽⁸⁾ или специфицированными Архитектором.

2. Требуемое давление, на которое тестируется фасад, должно быть достигнуто в течение 15 секунд и удерживаться на протяжении 15 минут.

3. В процессе теста следует периодически осматривать фасадную конструкцию на предмет проникновения воды во внутренние плоскости элементов фасадной конструкции. При ее появлении тест останавливается, находят причины, далее устраняются по возможности на месте, и тест возобновляется, если такое решение принимает тестирующий и Консультанты. Если проникновения воды не наблюдается, то тест заканчивается через 15 минут, и соответствующий отчет о проведенном тесте составляется техником для последующего предоставления Девелоперу, Архитектору и Фасадному Подрядчику. Формат отчета представлен в соответствующих стандартах.

Вариант 2. Тестирование в несколько циклов, если такой тест указан в архитектурных спецификациях.

1. Давление и объем подаваемой воды на фасадную конструкцию должен быть в соответствии с пунктом 1 для Варианта 1.

2. Требуемое давление, на которое тестируется фасад, должно быть достигнуто в течение 15 секунд и удерживаться на протяжении 5 минут. Продолжая подачу воды на конструкции тестируемого фасада, сбрасывается давление до нуля и выдерживается 1 минуту.

3. Снова повторяется подъем давления до требуемого значения, на которое тестируется фасад, вы-

держивается 5 минут и снова сбрасывается до нуля на 1 минуту.

4. Такая цикличность продолжается столько раз, сколько этого требуют спецификации. Но такой тест не должен быть короче 15 минут.

5. В процессе теста производится осмотр внутренних поверхностей фасада на обнаружение протечек воды и, соответственно, принимается решение о том, удалось ли тестирование или же нет с последующим составлением отчета.

Такая практика проведения теста на строительной площадке, как правило, производится для всех оконных систем, классов LC, CW и AW. Класс R не требует проведения теста на строительной площадке. Девелопер и Архитектор, как правило, бывают удовлетворены предоставленным Подрядчиком лабораторным тестом на оконные системы класса R.

Обычно такие тесты проводятся на строительной площадке для части светопрозрачной фасадной конструкции через каждые 5–6 этажей. Для высотных зданий выше 60 этажей Архитектор и Фасад Консультант могут назначать требуемое давление для тестирования на основании расчетного ветрового давления или исходя из практики строительства в данном регионе.

Техника безопасности при проведении теста

При проведении теста обычно не происходит каких-либо значительных колебаний в давлении воды или воздуха, только если человек, устанавливающий аппаратуру для тестирования, не сделал ошибки. В таком случае возможно разрушение стекла, которое может повлечь травмирование участников теста. Поэтому следует принимать все необходимые меры к тому, чтобы такого не произошло. Надо также принять необходимые меры для предотвращения падения каких-либо инструментов или пролива воды на электрические кабели, к которым подключен вакуумный или поднимающий напор воды насос. Компания, тестирующая конструкции фасада, должна предоставить Генподрядчику письменные мероприятия по технике безопасности при проведении тестирования и получить его согласование. Остальные правила техники безопасности, предусмотренные на строительной площадке Генподрядчиком, должны неукоснительно соблюдаться всеми участниками теста. Каски, светоотражающие жилеты, строительные ботинки с защитными пластинами и носами, при работе на неогражденных участках террас или балконов обязательно использование страховочного каната и защитной упряжи, также необходимо дополнительно закрепить оборудование для тестирования с целью предотвращения его падения с высоты. Однако, как правило, Генподрядчик обеспечивает ограждающими конструкциями зону проведения теста.

Выводы

Необходимость проведения тестов на строительной площадке в США и Канаде присутствует

практически на всех многоэтажных объектах и особенно на строящихся жилых зданиях. В начале 90-х годов XX в. были многочисленные случаи в Ванкувере, когда фасады многоэтажных жилых домов просто постоянно «плакали», ведь дождь с ветром продолжается там с сентября по май. К сожалению, качество монтажа фасадных конструкций оставляло желать лучшего, использование Подрядчиками дешевой рабочей силы, отсутствие должного контроля за монтажом, изготовлением фасадных элементов привели к тому, что Правительство провинции вынуждено было обратить внимание Архитекторов, Инженеров, Фасад Консультантов на наличие проблемы, которую необходимо было решать немедленно. Это повлекло за собой дополнения в Строительный код Ванкувера, Бритиш Колумбии и в последующем и в коды других провинций, которые регламентировали проведение тестов на строительной площадке с целью убедиться, что монтаж фасадных конструкций произведен в соответствии с требованиями проекта, рабочих чертежей, и фасадная конструкция обеспечивает соответствующие параметры воздухо- и водопроницаемости, предъявляемые к данным конструкциям. В конечном итоге качество таких работ резко возросло, так как немногие Подрядчики смогли выдержать многочисленные иски владельцев зданий из-за протечек.

В России, насколько я был информирован своими коллегами, работающими в фасадной индустрии, такая практика проведения тестов на строительной площадке практически отсутствует, как и отсутствует нормативная база, которая могла бы регулировать эти процессы с целью улучшения качества строительства и конкретно фасадных конструкций.

«Гром пока не грянул», но, по всей видимости, рано или поздно случится что-то, что заставит контролирующие органы ввести такой порядок тестирования как обязательный. Но для этого необходимо подготовить нормативную базу — создать четкую классификацию светопрозрачных фасадов, окон, дверей, стеклянных крыш и т.п. Разработать требования, предъявляемые к таким фасадным компонентам в зависимости от классификации, этажности, природных нагрузок. Это большая работа, но кто-то должен ее начать и закончить. Фасады в России строятся давно, вот только нормативов пока нет, за исключением недавно появившегося ГОСТ 70941–2023, который громко заявляет о себе как «Конструкции Фасадные Светопрозрачные. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ», но больше напоминает, говоря словами одного моего коллеги, *«потешные испытания из илланга при мытье фасадов перед сдачей»*.

К сожалению, авторы этого ГОСТа взяли за основу давно неиспользуемый в США и Канаде стандарт AAMA 501.2 Quality Assurance and Diagnostic Water Leakage Field Check of Installed Storefronts,

Curtain Walls, and Sloped Glazing Systems, который давно **не используется** Архитекторами, Фасад Консультантами как тест, дающий реальную картину качества смонтированного фасада, чаще всего принципы, описанные в этом стандарте, Подряд-

чик использует для предварительной оценки качества монтажа фасада до проведения официального теста с участием Архитектора, Девелопера, Инженеров и Подрядчика проводимого в соответствии с вышеуказанными ранее стандартами.

Стандарты, СНиПы, Положения, Строительные коды, упомянутые в настоящей работе или использованные в вольном переводе на русский язык стандарты зарубежных стран, а также рекомендуемая документация, регулирующая вопросы тестирования светопрозрачных конструкций фасадов

Номер	Наименование документа на языке издания
1	ASTM E 283–04 Standard Test Method for Determining Rate of Air Leakage Through Exterior Windows Curtain Walls and Doors Under Specified Pressure Difference Across the Spicemen
2	ASTM E 330–97 Standard Test Method for Structural Performance of Exterior Windows Curtain Walls and Doors by Uniform Static Air Pressure Difference
3	ASTM E 783–02 Standard Test Method for Field Measurements of Air Leakage Through Installed Exterior Windows and Doors
4	CSA A 440.4–07 (reaffirmed 2012) Window, door, and skylight installation
5	AAMA CWG-1–89 Installation of Aluminum Curtain Walls
6	СП 426.1325800.2020 «Конструкции ограждающие светопрозрачные зданий и сооружений. Правила проектирования»
7	СТО 22594804-002–2021
8	AAMA-WDMA-CSA 101-I. S.2-A440-11 North American Fenestration Standard-Specification for windows, doors, and skylights
9	ASTM E 1105–00 Standard Test Method for Field Determination of Water Penetration of Installed Exterior Windows, Skylights, Doors, Curtain Walls, by Uniform or Cyclic Static Air Pressure Difference
10	AAMA 503–03 Voluntary Specifications For Filed Testing of Storefronts, Curtain Walls And Sloped Glazing Systems
11	AAMA 502–02 Voluntary Specifications For Filed Testing of Windows and Sliding Glass Doors
12	AAMA 501.2–03 Quality Assurance and Diagnostic Water Leakage Field Check of Installed Storefronts, Curtain Walls, and Sloped Glazing Systems

Перечень терминов, аббревиатуры и сокращений из английского языка, используемых в данной работе и их перевод на русский язык

AAMA — (<i>American Architectural Manufacturers Association</i>)	Американская Ассоциация Производителей Архитектурных Компонентов
ASTM — (<i>American Society for Testing and Materials</i>)	Американская национальная система стандартов для материалов, используемая в США для стандартизации используемых материалов в промышленности, строительстве и других отраслях, включая методики тестирования материалов или конструкций из них
<i>Caulking rod</i>	Уплотнительный шнур, произведенный из пористой резины, выпускаемый с различными диаметрами, устанавливаемый, как правило, между оконным блоком и конструкцией, примыкающей к оконному блоку
CSA (<i>Canadian Standards Association</i>)	Канадская ассоциация стандартизации
<i>Curtain wall</i>	Навесная оконная система, закрепленная к перекрытию в его торце и закрывающая торец перекрытия, создавая единую остекленную плоскость фасада
<i>Cured silicone</i>	Герметик, приобретший достаточную для последующей эксплуатации прочность, затвердевший герметик
DP (<i>Design Pressure</i>)	Проектное давление
DRWP (<i>Driving Rain Wind Pressure</i>)	Дождь, движимый давлением ветра
<i>Fenestration Systems</i>	Оконные системы, а также возможная комбинация их с другими компонентами фасада здания, например, дверями

<i>Gaskets</i>	Уплотнители между стеклом и конструкцией окна, служащие для герметизации оконного заполнения и предотвращения влияния атмосферных воздействий на внутренние помещения здания
Gateway performance requirements	Основные минимальные требования, предъявляемые к определенному типу рассматриваемой продукции при достижении которых в процессе тестирования продукции может быть присвоен тот или иной класс
NBRI (Norwegian Building Research Institute)	Норвежский Исследовательский институт в сфере строительства
PG (Performance Grade)	Класс оценки оконной продукции, показываемый в цифровом выражении, в соответствии со стандартами США либо Канады
<i>Sealant</i>	Герметизирующая мастика
<i>Spandrel glass</i>	Непрозрачное стекло на внутренней поверхности которого, обращенной в сторону помещения, нанесен специальный состав, как правило, на основе силикона
STP (Structural Test Pressures)	Требования по способности противостоять определенным нагрузкам, конструктивные требования
Structural glazing	Остекление навесной фасадной системы, выполненной без прижимных крышек со стеклом, закрепленным в алюминиевой раме за счет силиконового герметика, специально предназначенного для этой цели (т.н. конструктивное остекление)
<i>Swingstage</i>	Навесная платформа для работы снаружи фасада

Единицы измерения и их конвертация из Империял в Метрическую систему

1	Дюйм (<i>inch</i>)	25,4	мм (mm)
1	Фут (<i>ft</i>)	304,8	мм (mm)
1	Фут (<i>ft</i>)	12	дюймов (inches)
1	Фунт (<i>pound-force, lbf</i>)	0,4535924	кгс (kgf)
1	Фунт (<i>pound-force, lbf</i>)	0,00444	кН (kN)
1	Фунт на кв. фут (<i>pound on sq. foot psf</i>)	0,04788026	КилоПаскаль (kPa)
1	Ярд (<i>yard</i>)	914,4	мм (mm)
1	Ярд (<i>yard</i>)	3	Фут (<i>ft</i>)
1	BTU (<i>British Thermal Unit</i>)	0,0002930711	кВт/час (kWt / hour)
1	PSI (<i>Pound per sq. inch</i>)	6,894757	кПа
1	кПа (<i>килопаскаль</i>)	20,9	Psf (pound per square foot), lbf/ft ²