



МОНТАЖНЫЕ ШВЫ

СИСТЕМЫ МОНТАЖА

СЕРТИФИКАЦИЯ В ОКОННОЙ ИНДУСТРИИ РФ

П.С. Гладков
С.А. Гладков

П.С. Гладков

**Монтажные швы. Системы
монтажа. Сертификация
в оконной индустрии РФ**

«Издательские решения»

Гладков П.

Монтажные швы. Системы монтажа. Сертификация в оконной
индустрии РФ / П. Гладков — «Издательские решения»,

ISBN 978-5-00-626803-6

В книге авторы описывают опыт компании «САЗИ» в производстве герметиков для монтажа окон и сертификации строительных материалов. Для широкого круга специалистов.

ISBN 978-5-00-626803-6

© Гладков П.
© Издательские решения

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ ОТ АВТОРА	6
О компании САЗИ	6
О проекте «Система монтажа САЗИ»	8
ПРЕДИСЛОВИЕ ОТ КУРЕНКОВОЙ А.Ю.	9
РАЗДЕЛ I МОНТАЖ ОКОН ПО ГОСТ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ОСОБЕННОСТИ	10
Часть 1 Введение в монтаж окон. Основные материалы для монтажа окон	11
Глава 1. Герметизация окон	11
Глава 2. Существующие несовершенства монтажного шва	14
Глава 3. Особенности воздействия ветровой нагрузки на монтажный шов	20
Глава 4. Сравнение монтажных материалов	23
Преимущества лент	24
Преимущества герметиков	26
Часть 2 Особенности монтажных герметиков	29
Глава 5. Структура свойств акриловых герметиков для монтажного шва	29
Глава 6. Эффективная толщина слоя нанесения герметика Стиз А	34
Обоснование принятых выше геометрических размеров	40
Глава 7. Использование понятия «сопротивление паропрооницанию» в процессе устройства монтажного шва	44
Глава 8. Взаимосвязь толщины слоя нанесения герметика и показателя сопротивления паропрооницанию	48
Конец ознакомительного фрагмента.	49

Монтажные швы. Системы монтажа. Сертификация в оконной индустрии РФ

П.С. Гладков
С.А. Гладков

© П.С. Гладков, 2024

© С.А. Гладков, 2024

ISBN 978-5-0062-6803-6

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

ПРЕДИСЛОВИЕ ОТ АВТОРА

О компании САЗИ

Компания САЗИ – крупнейшее в своей отрасли российское предприятие, которое с 1993 года занимается производством герметизирующих и изолирующих материалов. Продукция нашей компании используется тысячами предприятий самых различных отраслей промышленности и хозяйства нашей страны. Нашими потребителями являются как ведущие заводы Роскосмоса, ВПК и электронной промышленности, так и, например, малые ремонтно-строительные фирмы, выполняющие заказы частных лиц.

В структуру Холдинга САЗИ в настоящее время входят три производственных предприятия, которые специализируются на разных видах продукции и имеют разную серийность выпуска – от массового производства герметиков для стеклопакетов до единичного изготовления материалов по оригинальным разработкам. Кроме этого, Компания САЗИ имеет собственный научно-исследовательский центр, персонал которого – это специалисты высшей квалификации, что, вкупе с постоянно обновляющимся парком современного оборудования и аппаратуры, позволяет нам решать самые сложные задачи наших потребителей и обеспечивать путь от постановки задачи на разработку до вывода продукта в серийное производство в очень короткое время. Так, среднее количество осваиваемых в производстве новых продуктов превышает десятки за год.

Наша компания является членом ведущих отраслевых ассоциаций и объединений строительной индустрии, в том числе НОПСМ («Национальное объединение производителей строительных материалов и строительной индустрии»), НОСИ («Национальное объединение участников строительной индустрии») и НОКС («Национальный Оконный Союз»). Кроме того, мы занимаемся большой работой в области технического регулирования: ПК САЗИ является активным членом Технического комитета 144 «Строительные материалы (изделия) и конструкции» и Технического комитета 041 «Стекло». Также мы работаем с ТК 393 «Услуги (работы) в сфере жилищно-коммунального хозяйства и формирования комфортной городской среды» и ТК 400 «Производство работ в строительстве. Типовые технологические и организационные процессы». Специалисты нашей компании разработали действующий национальный стандарт ГОСТ Р 59522—2021 «Герметики для организации деформационных швов ограждающих конструкций панельных зданий. Технические условия» и ГОСТ Р 70075—2022 «Герметики для организации монтажных швов узлов примыкания оконных блоков к стеновым проемам. Технические условия». Также мы участвовали в рабочих группах по разработке стандартов, действующих на территории Российской Федерации и стран СНГ: ГОСТ 30971—2002 и ГОСТ 30971—2012 «Швы монтажные узлов примыкания оконных блоков к стеновым проемам», ТКП 45—3.02-223-2010 «Заполнение оконных и дверных проемов. Правила проектирования и устройства», ДСТУ-Н Б В.2.6—146:2010 «Конструкции зданий и сооружений. Руководство по проектированию и устройству окон и дверей», СТО НОСТРОЙ 2.23.62—2012 «Конструкции ограждающие светопрозрачные. Окна. Часть 2. Правила производства монтажных работ, контроль и требования к результатам работ» и других.

Укрупненные номенклатурные группы продукции компании САЗИ выглядят следующим образом:

– герметики и компаунды (полисульфидные и силиконовые) для Росавиакосмоса, ВПК, электронной и электротехнической промышленности, точного машиностроения, а также других отраслей добывающей, перерабатывающей промышленности и энергетики;

- герметики полисульфидные для индустриальной, автоматической и механизированной, сборки стеклопакетов;
- герметики полисульфидные, полиуретановые, силоксановые и акриловые для строительства и ремонта;
- гидрофобизирующие кремнийорганические составы (гидрофобизаторы) для гидроизоляции объектов из пористых материалов;
- общестроительные и специальные герметики для монтажных швов светопрозрачных конструкций и для стыков в деревянном домостроении.

О проекте «Система монтажа САЗИ»

Большая часть книги посвящена материалам для защиты монтажной пены при установке окна – Стиз А, Стиз В, Стиз Д и Стиз РU. Эти материалы образуют систему, названную нами «Системой монтажа САЗИ».

За более чем 20-летнюю историю в проекте «Система монтажа САЗИ» было сделано многое. Мы правили и писали «с нуля» ГОСТ, изучали процессы, которые протекают в монтажном шве, внедряли новые рецептуры герметиков, которые лучше отвечают нагрузкам в окне, боролись с недостатками систем сертификации и т. д. В какой-то момент стало понятно, что мы определенно делаем нечто большее, чем обычный отдел сбыта в обычной производственной компании. Об этом «нечто большем» интересно рассказывать и, мы надеемся, интересно послушать – но как рассказать об этом за те 30—60 минут, которые в среднем длится встреча с Клиентом? Поэтому возникло желание собрать воедино наши основные наработки за все эти 20 лет. Так появилась идея написать книгу, которую Читатель держит в руках.

В книге мы постарались расположить главы так, чтобы начать с общего и закончить частным. Поэтому Раздел I мы посвятили материалам для монтажа окон «в целом». В Части 1 этого Раздела мы «поставим задачу»: поговорим о монтажном шве как таковом, о его особенностях, а также проведем сравнение между материалами, которые защищают монтажную пену. Далее, в Части 2 мы сосредоточимся на герметиках: расскажем про их свойства, про то, почему эти свойства именно такие, а также обсудим некоторые вопросы применения герметиков. В Разделе II мы затронем тему грамотного выбора материалов без непосредственных испытаний и будем обсуждать особенности систем сертификации, а также наши действия в части сертификации герметиков для монтажа, которые вытекают из этих особенностей. И завершим мы наш рассказ Разделом III, который, по сути, представляет собой список часто задаваемых вопросов.

Отдельно выражаем благодарность за помощь в подготовке материалов для книги Неклюдову Дмитрию и Губанову Глебу.

ПРЕДИСЛОВИЕ ОТ КУРЕНКОВОЙ А.Ю.

Новые технологии производства оконных блоков из ПВХ, клееной древесины, «теплого» алюминия, стеклопластика появились на российском рынке более 25 лет назад. Такие конструкции и устанавливаться в оконных проемах также стали по-новому. В конце прошлого века никаких нормативов не было, и при монтаже ограничивались только монтажной пеной, которая и сама являлась новым продуктом (вместо конопатки). На рубеже веков новые конструкции окон занимали малую долю на рынке, и при огромной рентабельности окон недостатки при монтаже исправлялись беспрекословно методом проб и ошибок.

Особенности эксплуатации пены в российских климатических условиях выяснялись постепенно, и требования к ее защите в монтажном шве возникли при анализе первых лет ее эксплуатации. Разработка ГОСТ 30971—2002 «Швы монтажные узлов примыканий оконных блоков к стеновым проемам. Общие технические условия» и исследования СибАДИ во многом определили требования к наружному и внутреннему слою монтажного шва. Все испытания проводились на продукции компании Illbruck, поэтому именно они и доминировали при проведении «монтажа по ГОСТ». Однако уже в 2005 году после внесения поправки к ГОСТ 30971—2002 наряду с лентами в монтажном шве стали применяться герметики.

В редакции ГОСТ 30971—2012 требования к герметикам были уже четко обозначены в стандарте как для наружного, так и для внутреннего слоев, а также внесены предпосылки для появления новых продуктов. К этому времени можно отнести и появление «Системы монтажа САЗИ». Компанию САЗИ в силу разносторонности выпускаемой продукции всегда отличает системный подход, то есть продукция должна обеспечивать определенные функции при эксплуатации, при этом обеспечивая совместимость и долговечность материалов.

Особо не афишируя, компания проводит постоянные испытания своей продукции, реагируя на изменения рынка и особенности стен, профиля и так далее. Книга Павла и Сергея Гладковых «Монтажные швы. Системы монтажа. Сертификация в оконной индустрии РФ» – это тоже системный продукт, некая ретроспектива тех исследований, которые проводились в последние годы, их анализ и обоснование технических показателей продукции, которые обеспечивают долговечность. Стройка не заканчивается после 5 лет эксплуатации, указанных в Градостроительном Кодексе, никому не интересно платить громадные деньги за квартиру и потом вкладываться в постоянный ремонт, поэтому продукт должен работать десятки лет.

Анализ же жалоб дольщиков показывает, что более 60% жалоб все еще приходится на монтаж оконных блоков, поэтому надеюсь, что правильный, научно обоснованный подход к монтажу оконных блоков позволит после прочтения книги снизить процент брака и повысить долговечность при комплексном подходе к монтажу.

*Куренкова А. Ю.,
директор Межрегионального института
оконных и фасадных конструкций (центр «МИО»)*

РАЗДЕЛ I МОНТАЖ ОКОН ПО ГОСТ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

Часть 1 Введение в монтаж окон. Основные материалы для монтажа окон

Глава 1. Герметизация окон

Установка оконного блока – это ответственный процесс, поэтому на территории РФ введен стандарт, который касается этого вопроса – ГОСТ 30971. Одним из положений данного стандарта является концепция трехслойного (реже – четырехслойного) монтажного шва – шва между оконным блоком и стеной (рис. 1). Создание этого шва обеспечивает «герметизацию» окна в привычном понимании этого слова.

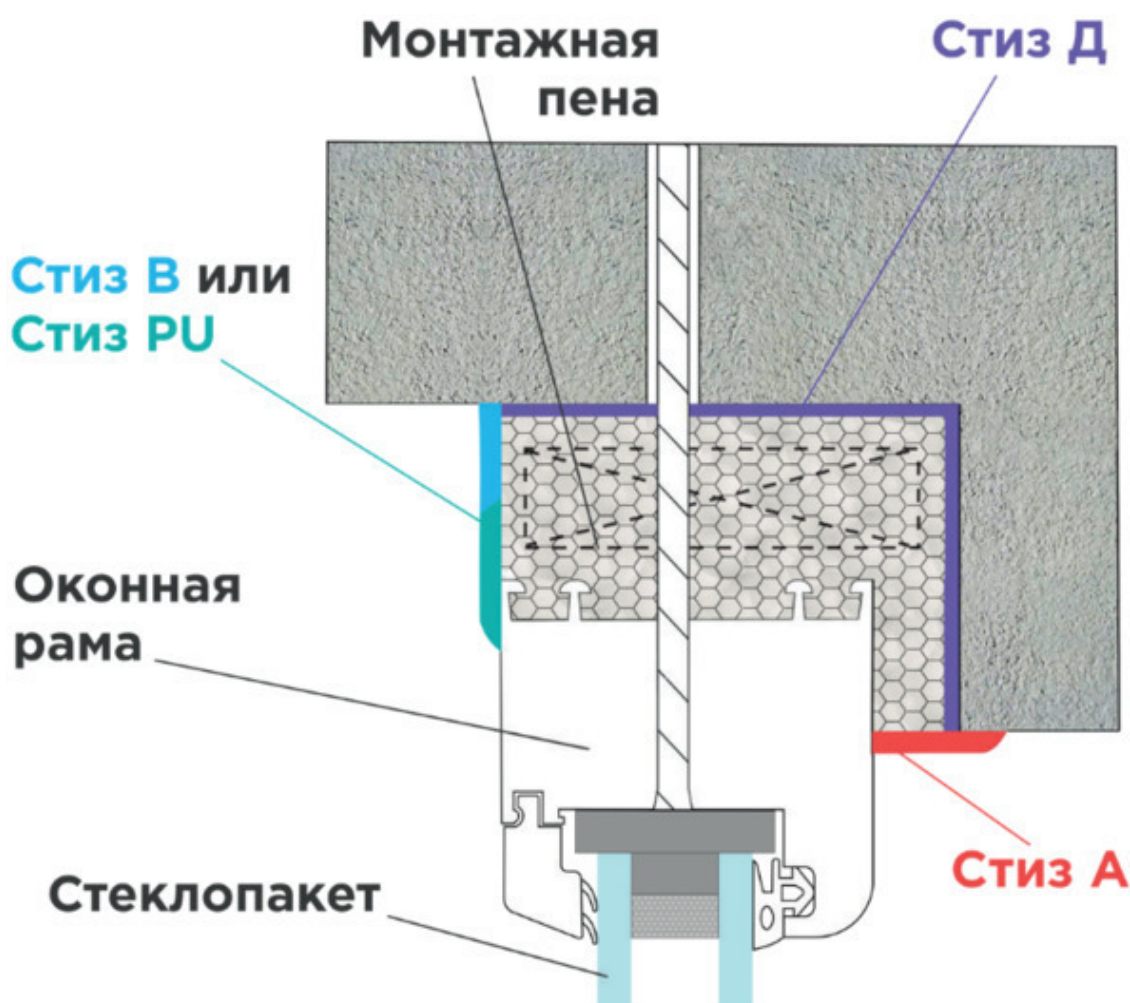


Рисунок 1. Схема монтажного шва узла примыкания оконного блока к стеновому проему

Сам по себе монтажный шов возникает из-за того, что нельзя устанавливать оконный блок вплотную со стеной: из-за различных коэффициентов теплового расширения температурные деформации окна и стены также будут отличаться. Следовательно, если установить оконный блок вплотную со стеной, то он разрушится во время эксплуатации. Поэтому между оконным блоком и стеной оставляют зазор, который называют монтажным.

Так как часто возникает путаница, объясним значение используемых терминов:

- *оконная рама* – несущая конструкция для оконных элементов;
- *стеклопакет* – светопрозрачная конструкция строительного назначения из двух и более стекол;
- *оконный блок* – сборная конструкция, состоит из оконной рамы и стеклопакета;
- *окно* – предназначенный для естественного освещения элемент конструкции, состоящий из оконного проема с откосами, оконного блока, системы уплотнения монтажных швов, подоконной доски, деталей слива и облицовок.

Помещение необходимо защищать от холода, ветра и атмосферных осадков, поэтому монтажный зазор заполняют теплоизоляционным материалом. В современных окнах для этого используют монтажную пену – материал, отличающийся простотой в обращении при высоких теплоизоляционных характеристиках. Основной недостаток монтажной пены – это малый срок службы при эксплуатации без дополнительной защиты: под воздействием влаги и солнечного света она теряет свои свойства в течение 2—3 лет.

Что именно происходит с пеной под воздействием воды и солнечного света? Ультрафиолет разрушает химические связи в молекулах пенополиуретана (это полимерная основа монтажной пены), что приводит к медленному сгоранию и снижает относительное удлинение пены на разрыв, что подробнее будет рассмотрено в Главе 2. Вода же, попадая в пену, увеличивает ее теплопроводность, то есть ее способность передавать через себя тепло или холод, что приводит к потере ее теплозащитных свойств. Как именно вода попадает в пену, мы рассмотрим далее в тексте книги.

Из вышесказанного следует, что монтажную пену надо защищать со стороны улицы от воздействия воды и УФ-излучения. Однако если влага проникла в пену, то необходимо обеспечить ей беспрепятственный выход. Поэтому наружный защитный слой выполняют паропроницаемым, то есть хорошо пропускающим водяной пар.

Надо ли защищать пену изнутри? Да, надо. Дело в том, что в осенне-весенний период абсолютная влажность на улице ниже, чем в помещении. Так как любая замкнутая система всегда стремится к равновесию, возникнет поток влажного воздуха изнутри наружу. Влажный воздух будет проходить через стену и монтажную пену. Чем это опасно? При сохранении потока влажного воздуха и условий для конденсации влаги пена будет постепенно намокать. Таким образом, монтажную пену следует защищать со стороны помещения от доступа жидкой и парообразной влаги.

Также в ряде случаев необходимо предотвратить попадание влаги из мокрой стены в пену. Например, если стена изготовлена с использованием мокрого процесса (в домостроительном комбинате). Кроме того, подобное имеет смысл, если стена сделана из газобетона. Подробнее этот вопрос будет рассмотрен в Главе 16. В итоге получается трех- или четырех-слойный монтажный шов:

- *центральный слой* – это главный слой, который выполняет тепло- и шумоизоляционную функции. Обычно выполняется из монтажной пены;
- *наружный слой* – защищает пену от дождевой/талой воды и УФ-излучения со стороны улицы. Выпускает парообразную влагу из пены на улицу. В линейке материалов компании САЗИ этот слой выполняют из герметика Стиз А;
- *внутренний слой* – защищает пену от жидкой и парообразной влаги со стороны помещения. В линейке материалов компании САЗИ этот слой выполняют из герметика Стиз В или Стиз РУ;

– *дополнительный слой* – защищает пену от попадания парообразной влаги из стены. В линейке материалов компании САЗИ этот слой выполняют из полиакрилового состава Стиз Д.

Все эти три (или четыре) слоя, при условии выполнения требований ГОСТ, образуют долговечный монтажный шов, который надежно защищает помещение от холода, ветра и атмосферных осадков со стороны улицы.

Глава 2. Существующие несовершенства монтажного шва

ПВХ-окна в России устанавливают уже более 20 лет. Это более чем достаточное время, чтобы научиться их делать. И действительно, для каждого элемента окна: стеклопакета, оконного профиля и фурнитуры – разработано множество инновационных решений. Окна делают почти любой формы, цвета и размера. Но есть один элемент в окне, который при этом еще остается проблемным. Это монтажный шов.

По статистике некоторых лидеров мнений оконного рынка более 50% окон в новостройках заменяются в течение первых 2—3 лет эксплуатации. Основная причина – жильцам холодно зимой. В новостройках в большинстве своем используются окна экономкласса, с дешевыми уплотняющими прокладками и дешевой фурнитурой. Но минимальные требования по теплоизоляционным свойствам такие окна выполняют, поэтому нельзя утверждать, что причина холодных окон в новостройках – только лишь качество сборки окна или «дешевость» входящих в состав окна элементов. Часть причин однозначно лежит в монтаже оконной конструкции. Но это обычно остается незамеченным, так как сам факт последующей замены окна меняет качество монтажа в лучшую сторону.

Во вторичном жилье холодные окна встречаются реже: все-таки на себе экономить не хочется, поэтому доля окон экономкласса во вторичном жилье меньше, чем в новостройках. Среди рекламаций оконных компаний, которые они получают от «частников», одним из лидеров является всем известное «мне дует». Для исправления этого недостатка проверяют работу фурнитуры, уплотнителей или ждут включения центрального отопления, чтобы теплый воздух от батареи отсек поток холодного воздуха от окна. Но все это не поможет, если истинная причина состоит в монтаже, вернее – во внутреннем противоречии между необычайной технологичностью (удобством применения) монтажной пены и ее качеством.

Главным элементом монтажного шва является центральный слой, который практически всегда выполняется из монтажной пены. Часто говорят о том, что пену надо защищать от попадания воды и солнечного света. Но основной недостаток монтажной пены в подобном применении – это ее низкое относительное удлинение. Наши исследования показывают, что среднее относительное удлинение пены составляет $7,5 \div 8,5\%$. То есть если в монтажном шве деформация составляет более 8,5%, то в пене образуются трещины. А средняя деформация в монтажном шве составляет как раз-таки больше – около 10%, поэтому пена будет разрушаться. Но всегда ли? Что если применена очень хорошая пена (у лучших из испытанных нами пен значение относительного удлинения составляло 13%)? Даже в этом случае разрывы все равно произойдут и произойдут, скорее всего, в первый же сезон. К ним приведут статистические деформации из-за суточных изменений линейных размеров оконного профиля.

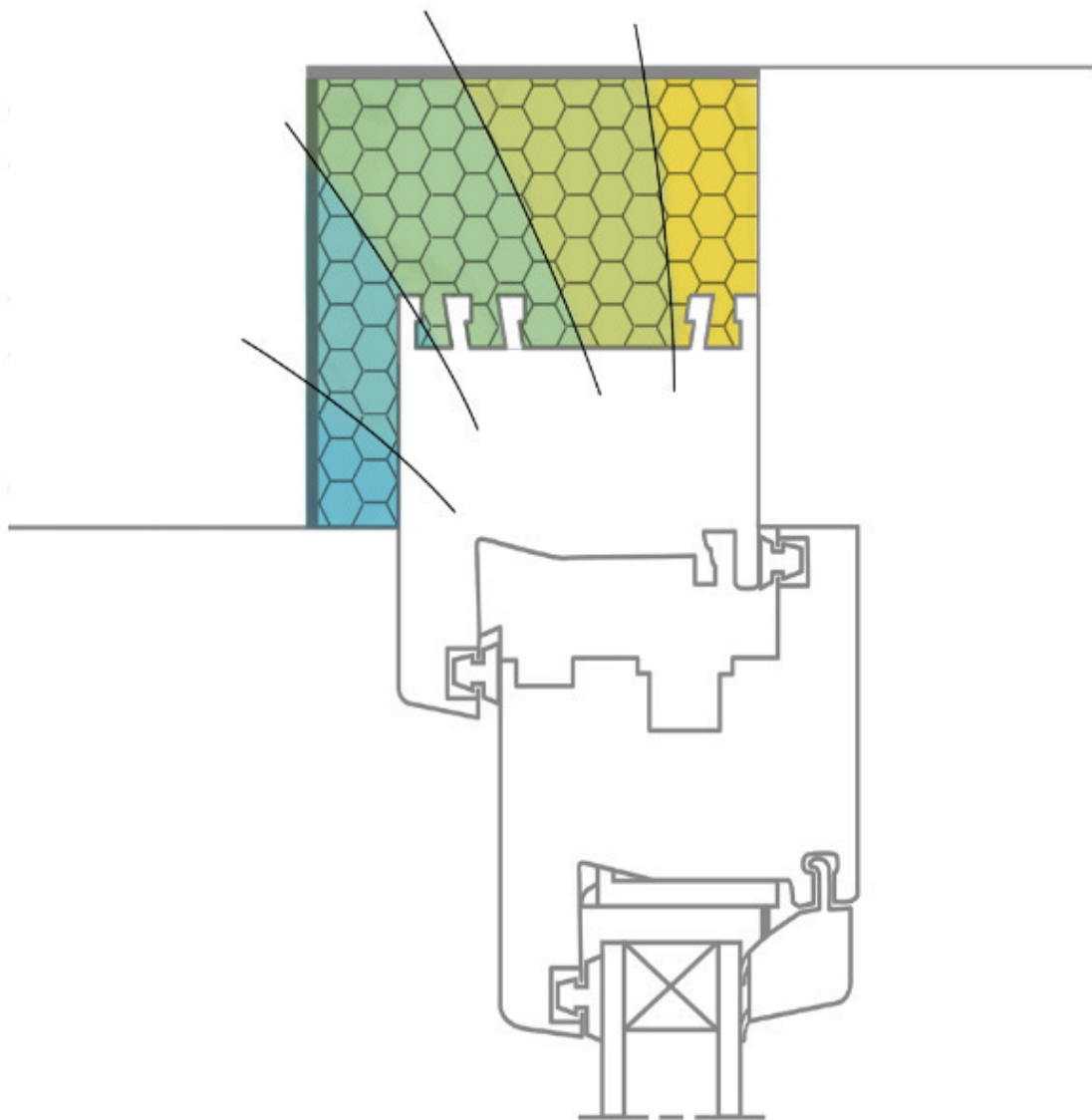


Рисунок 2. Распределение изотерм в монтажном шве до образования трещины

Получается, что в монтажной пене в процессе эксплуатации окна будут возникать трещины, и воспрепятствовать этому никак нельзя. При этом после завершения отделочных работ монтажная пена скрыта от обследования откосом и наружным слоем монтажного шва – оценить ее состояние в процессе эксплуатации не представляется возможным без разрушения отделки. Поэтому разумным поведением будет учесть появление трещин, уменьшая вредный эффект от них.

А вредный эффект есть! Дело в том, что в образующиеся трещины¹ попадает холодный воздух, беспрепятственно достигая внутреннего откоса. В итоге изотермы смещаются внутрь помещения, как это продемонстрировано на рис. 2 и 3, ведь, по сути, часть теплоизоляционного слоя теперь отсутствует. Температура на поверхности откоса снижается.

¹ Здесь и далее под трещинами мы понимаем полости в монтажной пене, схематичный вид которых представлен на рис. 3.

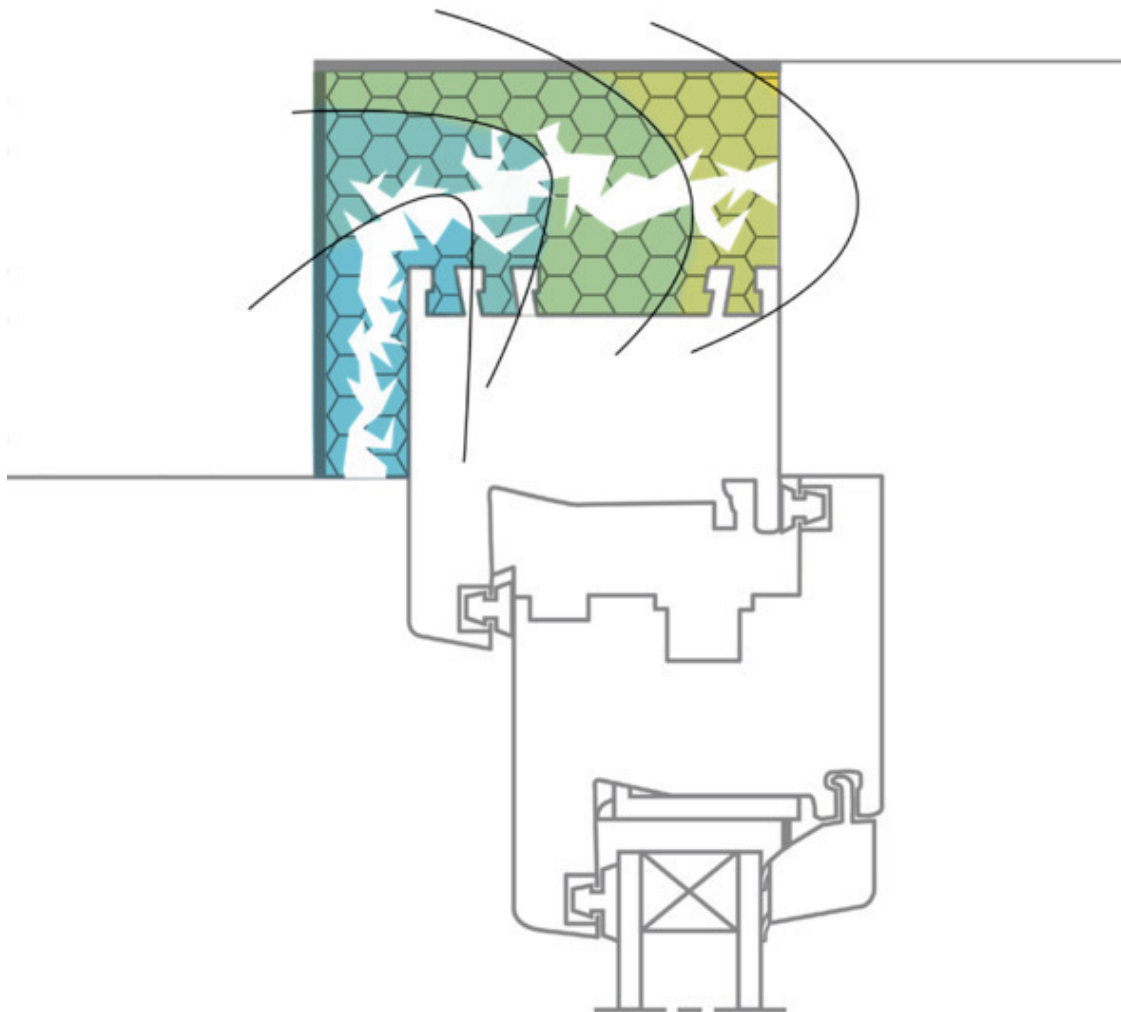


Рисунок 3. Распределение изотерм в монтажном шве после образования трещины. Температура на внутренней поверхности монтажного шва снизилась

Снижение температуры на поверхности откоса имеет три следствия.

Во-первых, холодный откос охлаждает воздух вокруг себя. Поэтому на прогрев помещения теперь, после образования трещины в пене, нужно затратить больше энергии. То есть монтажный шов с трещинами в пене менее энергоэффективен, чем без трещин.

Во-вторых, если температура на откосе снизится до точки росы, то на его поверхности будет выпадать конденсат. И оконная компания получит недовольного клиента со всеми вытекающими: претензия, потеря повторного клиента в лице этого клиента и потеря повторных клиентов в лице всех тех, кому этот клиент расскажет, что «компания такая-то поставила мне холодные окна». В совсем запущенных случаях температура может снизиться до 0 °С. Тогда конденсат еще и замерзнет. Клиент будет еще более недовольным.

В-третьих, снижается комфортность в помещении. Поверхность откоса (а также оконная рама и стеклопакет) зимой всегда холоднее воздуха в помещении – в среднем на 8 ÷ 10 °С. Поэтому возникает поток холодного воздуха от окна, который, как и продувание, ощущается как сквозняк: клиент жалуется, что ему «дует». Обычно такая претензия исчезает сама собой после включения центрального отопления: тепловая завеса от батареи отсекает поток холодного воздуха (если, конечно, подоконник не перекрывает батарею). Но если перепад между значениями температур откоса и воздуха в помещении будет больше обычных 8—10 °С, то батарея может и не «справиться» с таким потоком. К тому же длина батареи в среднем все-

таки меньше длины окна, и тепловая завеса слабо воздействует на поток холодного воздуха от краевых зон окна. А ведь именно в них находится вертикальная часть монтажного шва. Выход, впрочем, есть.

Необходимо обеспечить препятствие для попадания холодного воздуха в монтажную пену. Для этого воздухопроницаемость наружного слоя надо ограничить: холодный воздух с улицы не будет попадать в трещину и не будет участвовать в конвективном переносе (не будет уносить тепло с откоса во внешнее пространство).

А какие материалы могут обеспечить требуемую воздухонепроницаемость? Популярным способом защиты монтажной пены от солнечного света и воды является использование ленточной системы монтажа – лент ПСУЛ (рис. 4) и диффузионных лент.



Рисунок 4. Внешний вид паропроницаемой саморасширяющейся уплотнительной ленты (ПСУЛ)

Но они изготавливаются на основе поролона и материала мембранного типа, поэтому легко пропускают сквозь себя воздух. Убедиться в этом просто: достаточно подуть сквозь них – получится. Поэтому в случае возникновения трещин в монтажной пене ленты не спасут от описанных выше последствий.

А вот подуть сквозь слой герметика не получится. Герметики при соблюдении требований по толщине слоя нанесения за счет своей плотной структуры практически не пропускают сквозь себя воздух (а инфильтрация воздуха не обеспечивает передачу тепла переносом воздушных масс). Поэтому герметики надежно защищают помещение от таких «продуваний». Следовательно, можно с уверенностью утверждать: герметики, в отличие от лент, снижают для оконной компании вероятность столкнуться с рекламациями. И наше представление многократно подтверждено и продолжает подтверждаться практикой: часто нанесение герметика

поверх лент в продуваемом окне решает проблему, как это было, например, в квартире на рис. 5, 6. При этом, хотя с точки зрения воздухопроницаемости все герметики превосходят ленты, не все они «одинаково полезны» – герметики отличаются между собой долговечностью и паропроницаемостью.



Рисунок 5. Внешний вид монтажного шва окна, на которое жаловался Клиент, до нанесения герметика Стиз А

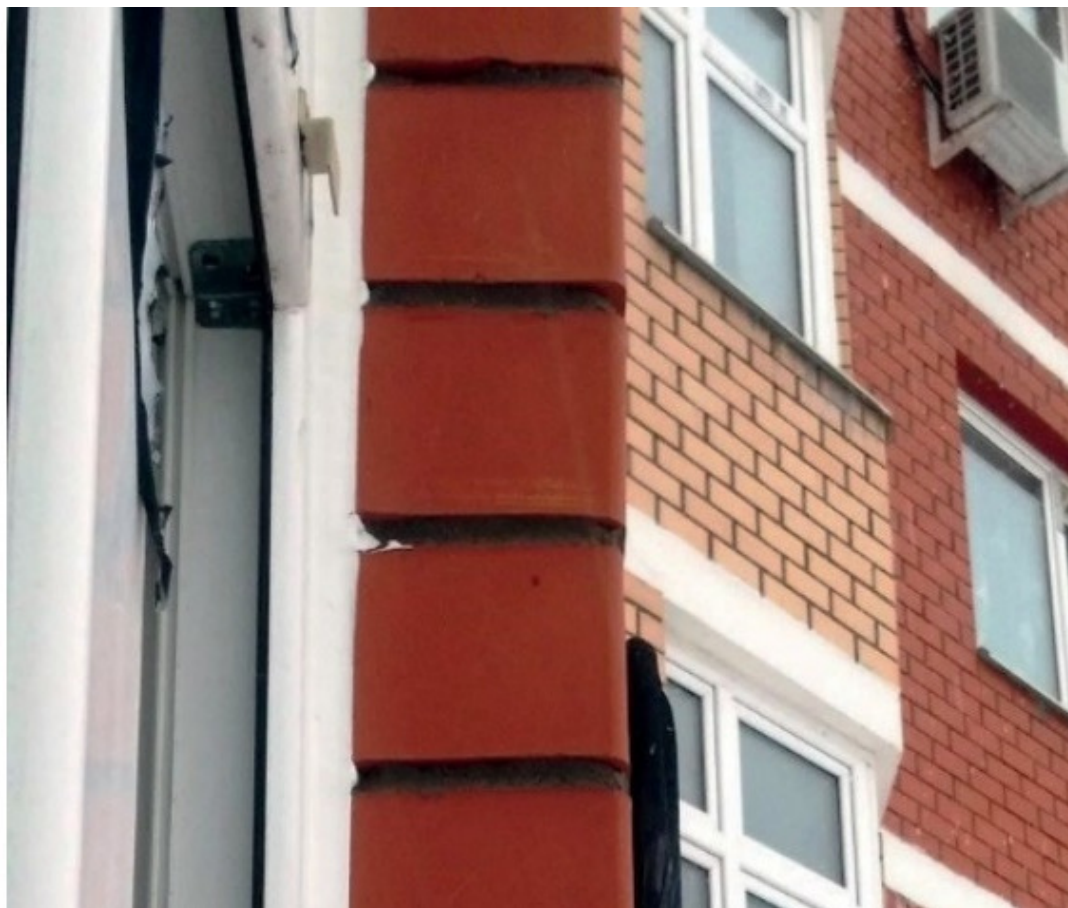


Рисунок 6. Внешний вид этого окна после завершения работ. Проблема «продуваний» исчезла

Глава 3. Особенности воздействия ветровой нагрузки на монтажный шов

ГОСТ 30971 задает ряд требований к монтажному шву, обеспечение которых гарантирует выполнение его основной функции – теплозащиты монтажного зазора. В список требований входит воздухопроницаемость: монтажный шов с минимально допускаемым по ГОСТ классом по этому параметру не должен пропускать более одного кубометра воздуха за один час на единице длины и перепаде давления в 100 Па. Смысл введения этого параметра – предотвращение пропускания (продувания) воздуха сквозь шов и изменения параметров микроклимата в помещении.

Монтажный шов согласно ГОСТ 30971 состоит из трех слоев, и каждое требование к монтажному шву обеспечивается как минимум одним из этих слоев. Например, за теплозащиту отвечает центральный слой, за пароизоляцию со стороны помещения – внутренний слой и т. д.

Какой же из слоев выполняет функцию защиты от продувания с наружной стороны шва? Ответ на этот вопрос, несмотря на кажущуюся его очевидность, не только не банален, но и оказывается принципиальным для понимания структуры и надежности шва в эксплуатации. Каждому, кто видел своими глазами монтажную пену, понятно, что она в смысле воздухопроницаемости самодостаточна: никакой «ветер» ее не продует. Но из этого не следует, что центральный слой монтажного шва также достаточен для защиты шва от продувания: как мы обсудили в предыдущей главе обычная пена в обычном монтажном шве практически *должна* трескаться. Но основной проблемой в данном случае будет даже не сама трещина в слое пены, а то, что эту трещину невозможно увидеть, ведь пена в шве закрыта со всех сторон от наблюдения во время эксплуатации.

Поэтому, если функция ветрозащиты лежит на центральном слое, то диагностика этого дефекта оказывается очень затруднительной. Из сказанного следует вывод, что с точки зрения защиты стыка между рамой и проемом от ветровой нагрузки использование как несущего эту функцию центрального слоя приводит к недостаточной надежности такого монтажного шва.

Но, по нашему представлению, все изменится, если «поручить» эту функцию наружному слою. Главным в данном случае является именно повышение надежности всего шва в условиях эксплуатации, поскольку наружный слой является значительно более доступным как для диагностики, так и для ремонта, чем центральный слой. Эта концепция монтажного шва, естественно, и была использована нами при разработке герметика Стиз А для выполнения наружного слоя монтажного шва.

В то же время наружный слой может выполняться не только с применением эластичных паропроницаемых герметиков, но и с помощью ленточных материалов – предварительно сжатых уплотнительных (ПСУЛ) и диффузионных лент. Мы провели исследование с целью определить, реализуется ли наша концепция монтажного шва при использовании этих материалов. Так как проверка носила качественный характер – производилась принципиальная оценка такой возможности, то марки проверявшихся лент мы не указываем. Сравнение выполнялось путем фиксации скорости падения давления в воздушной камере, которая была закрыта с одной из сторон испытываемым материалом².

В результате испытаний мы увидели, что в воздух проходит сквозь ленточные материалы без сопротивления, которое могли бы уловить приборы лаборатории нашего исследовательского центра, в то время как Стиз А держит заданное давление в течение не менее 3 ч.

² Описание всего эксперимента приводим в статье «Отчет о работе по сравнению воздухопроницаемости различных материалов», с которым можно ознакомиться у нас на сайте: <https://www.sazi-group.ru/articles/airpermeability/>.

Картина распределения температур при подаче теплого воздуха в камеру представлена на рис. 7, 8 (буквой А обозначена лента ПСУЛ, буквой В – герметик Стиз А).

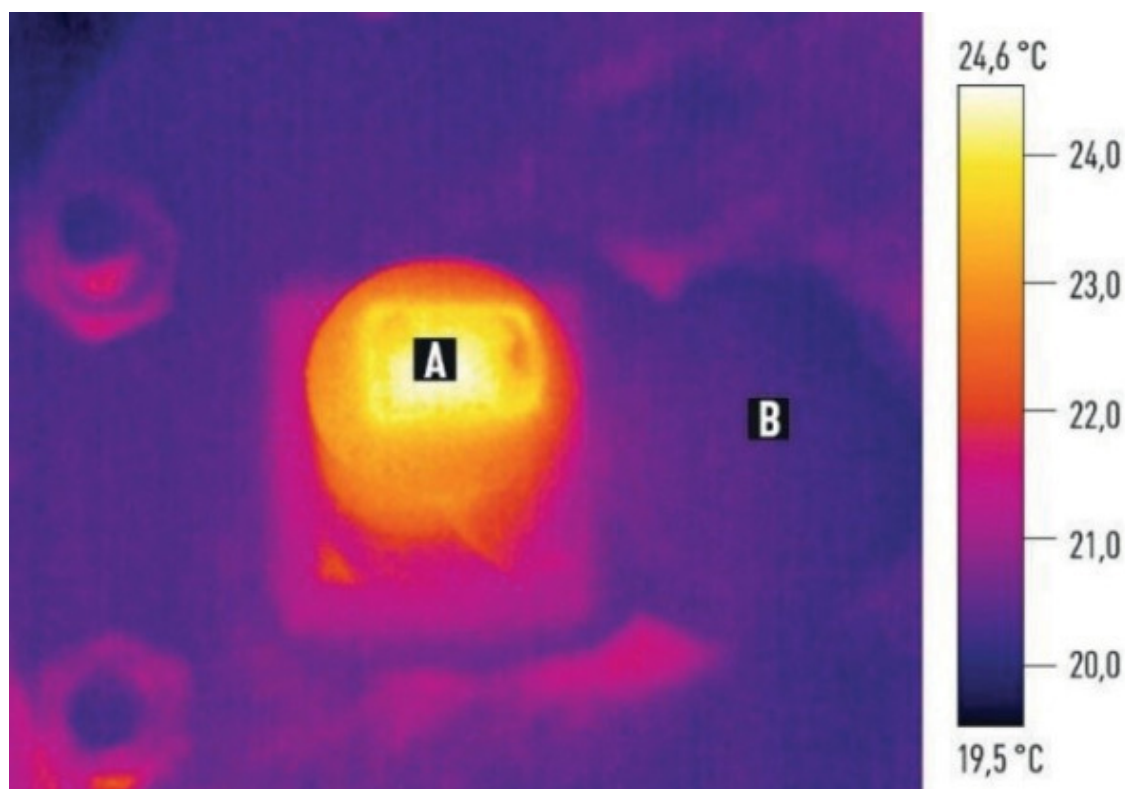


Рисунок 7. Распределения температур при подаче теплого воздуха в камеру



Рисунок 8. Система для определения распределения температур при подаче теплого воздуха в камеру

Вывод из результатов испытания таков: при использовании ленточных систем монтажа не реализуется дополнительная защита монтажного шва от проникновения наружного воздуха внутрь помещения, что может привести в случае ненаблюдаемых визуально нарушений в центральном слое к продуванию монтажного шва. Это ни в коем случае не означает какого-либо формального несоответствия шва с ленточным исполнением наружного слоя требованиям ГОСТ 30971, но по нашей концепции функциональности шва уменьшает его надежность в сравнении с исполнением наружного слоя соответствующим ГОСТ герметиком.

С другой стороны, формальное соответствие шва с лентами требованиям ГОСТ 30971 еще не определяет всю область формальных требований. Так, некоторые поставщики лент в своих стандартах используют аналогичную нашей концепции функциональности слоев шва, что сразу меняет дело. В этом случае они должны обеспечить наличие у лент способности к ветрозащите на уровне требований к монтажному шву по ГОСТ 30971. Для проверки, есть ли у лент эта способность, в наших исследованиях была проведена проверка оргалита – материала, имеющего сравнимую с требованием ГОСТ 30971 для шва величину воздухопроницаемости. Таким образом мы ввели в наши качественные исследования количественную определенность, задав точку на оси величин технического показателя. Как видно из результатов эксперимента, этот показатель для проверенных нами лент на порядки хуже, чем у оргалита и, следовательно, чем требуется по ГОСТ 30971. Таким образом, при признании поставщиком ленты нашей концепции шва ему следует привести этот показатель своих лент в соответствие, иначе он вводит потребителя в заблуждение.

Глава 4. Сравнение монтажных материалов

В предыдущей главе мы слегка затронули тему сравнения материалов для монтажа. Теперь поговорим об этом подробнее.

На данный момент есть четыре варианта материалов для выполнения наружного и внутреннего слоев монтажного шва: это герметики, ленты, штукатурки и нащельники. Последние два варианта однозначно менее распространены, чем ленты и герметики, и вот почему.

Нащельники представляют собой пластиковые изделия, которые закрывают монтажную пену снаружи от воздействия УФ-излучения и дождевой влаги (рис. 9).



Рисунок 9. Фотография монтажного шва, в котором наружный слой выполнен из нащельника

Недостаток таких материалов – низкая гидроизоляция: дождь может «попасть» в стык между нащельником и стеной. Прочие их недостатки по большей части совпадают с недостатками лент, которые будут рассмотрены далее. При этом их монтаж более трудоемок, а цена обычно дороже, чем у ленточных материалов. Поэтому логичнее вместо них использовать ленты.

Штукатурки в свою очередь очень похожи на акриловые герметики, особенно в вопросе их применения (то есть имеют те же недостатки в применении, что и герметики). Отличаются они более низкой ценой, обычно – достаточно хорошей паропроницаемостью наружного слоя, и при этом низкой долговечностью: редко, когда они могут прослужить хотя бы один сезон.

Поэтому далее сосредоточимся только на сравнении лент и герметиков. Вкратце недостатки и преимущества ленточных и, как их порой неправильно называют, мастичных³ систем монтажа сведены в табл. 1.

³ Иногда герметики называют мастиками. Это неверно – согласно классификатору ОК 034—2014 (КПЕС 2008) это разные

Таблица 1. Сравнение лент и герметиков

ПРЕИМУЩЕСТВА ЛЕНТ	ПРЕИМУЩЕСТВА ГЕРМЕТИКОВ
Не вызывают коррозии анкерных пластин	Применимы при любых размерах шва
	Не требуют обработки проемов
	Имеют единый «типоразмер»
	Не требуют дополнительной УФ-защиты в отличие от диффузионных лент
	Высокая скорость работы на объектовых заказах
Удобство применения	Защищают помещение от продуваний
Высокая скорость работы на одном окне (в практике применения)	Не требуют дополнительной герметизации на кирпиче
Можно работать при любой влажности	Обеспечивают защиту от плохого запенивания
Можно работать во время дождя/снега	Ремонтопригодны

Преимущества лент

Главное преимущество лент – это наблюдаемая в практике применения высокая скорость работы с ними. Дело в том, что герметик нельзя нанести на незастывшую пену. В то же время для работы с лентами нет необходимости дожидаться полимеризации пены, так как ленты наклеивают не на саму пену, а на окно и/или стену. Особенно это важно зимой: чем ниже температура воздуха, тем медленнее «встает» пена. Поэтому зимой монтаж окна с применением герметиков требует двух дней работы, а с использованием лент – одного дня. Но здесь стоит уточнить несколько важных моментов.

Во-первых, если не ждать полимеризации пены перед наклейкой внутренних лент, то из-за недостаточного доступа влаги из воздуха пена может не «подняться». В связи с этим она не наберет требуемого уровня характеристик теплоизоляции, поэтому шов будет промерзать. Пример этого можно увидеть на рис. 10.

Во-вторых, зимой проводят мало работ по установке окон в частном секторе строительства. Если же говорить про корпоративное остекление, то на строительных объектах монтаж окон проводят поэтапно. Сначала во всех проемах устанавливают оконные блоки, затем в каждом проеме запенивают монтажные зазоры, далее выполняют подрез пены и нанесение герметиков. Поэтому монтажники не тратят время на ожидание полимеризации пены. Более того,

из-за отсутствия необходимости тратить время на такие операции как прочистка монтажного пистолета, чтобы пена внутри не засохла, закрытие вскрытого ролла ленты ПСУЛ скотчем и т. д. монтажные бригады, наоборот, экономят время (в некотором смысле, работы с герметиком при корпоративном остеклении – это конвейер).



Рисунок 10. Внешний вид монтажного шва, при выполнении которого пена была закрыта изнутри пароизоляционной лентой. Пена неправильно полимеризовалась и не набрала своих свойств

В-третьих, для правильного применения ленты ПСУЛ необходим ровный стеновой проем, а иногда и дополнительное праймирование этого проема, что опять же снижает скорость монтажа с лентами вплоть до того, что ленты начинают «проигрывать» герметику⁴.

Также к преимуществам лент относится удобство в применении: для работы с ними требуются только ножницы, в то время как для герметиков нужны кисть или шпатель, для создания ровного слоя – малярный скотч, а если использовать полиуретановый Стиз PU – еще и низкооборотистая дрель со специальной насадкой. К тому же, лентами нельзя испачкаться.

Кроме того, применение лент не зависит от относительной влажности воздуха и возможно во время дождя и снега. Акриловые герметики нельзя наносить во время дождя и снега, а при высокой относительной влажности они очень долго отверждаются, что, во-первых, увеличивает срок сдачи объекта, а во-вторых, увеличивает вероятность последующего стекания герметика при попадании на слой герметика конденсата или дождя. Впрочем, полиуретановый Стиз PU лишен этого недостатка.

Также важно отметить, что ленты не могут вызывать коррозию анкерных пластин. При штамповке таких пластин из листа оцинкованной стали на их торцах остаются незащищенные участки. Акриловые герметики имеют $pH = 7,0 \div 9,0$, поэтому являются агрессивной средой для таких пластин. Коррозия наблюдается только при низком качестве пластин и только в условиях медленного отверждения герметика, то есть при высокой влажности воздуха внутри поме-

⁴ Разумеется, в случае качественного монтажа. На практике же обычно не обращают внимание на такие «мелочи», жертвуя качеством монтажного шва.

щения, где циркуляция воздуха намного слабее, чем на улице. Соответственно, при использовании полиуретанового Стиз PU коррозия не происходит. Также процесс не наблюдается в случае использования пластин высокого качества, у которых защищены и торцевые участки.

Преимущества герметиков

Возвращаемся к табл. 1. Защиту монтажного шва от продуваний мы подробно рассмотрели в Главах 2 и 3. Особенно это важно в кирпичных домах (как на рис. 5, 6), так как лента, будучи твердым изделием, не может заполнить расшивку строительных швов между кирпичами (а строительный раствор редко когда кладут заподлицо по боковой поверхности кирпича).

Кроме того, герметик наносят на монтажную пену. И хотя это замедляет скорость работы у «частника» – например, при замене окон – но, с другой стороны, это позволяет предотвратить недопенивание, недостаточное вторичное расширение или крупные каверны, ведь монтажник будет вынужден довести пенный шов до качественного состояния. А ведь все перечисленное – это причины холодных монтажных швов! Неудивительно, что и застройщики заметили, что дома с окнами на герметиках вызывают меньше проблем, чем дома с окнами на лентах.

Также часто упоминают ремонтпригодность герметиков. Если герметик треснул на шве, его целостность легко восстанавливается нанесением новой массы герметика поверх трещины. Ленту же заменить зачастую невозможно, и в этом случае опять же ремонт производится с помощью герметика.

Для нанесения герметика не важен размер шва. Дело в том, что ленты ПСУЛ работоспособны при сжатии до 50% от своего максимального размера. Поэтому проем должен быть не просто ровным, но еще и почти без отклонений по вертикали. Под размер монтажного зазора подбирают ленту с подходящим размером максимального расширения, и если зазор очень большой, то такой ленты может просто не быть⁵. Впрочем, оконный блок всегда можно поставить ближе к «четверти».

И последнее преимущество герметиков, о котором надо сказать. Обычно при монтаже окон используются ленты ПСУЛ, но в случае «бесчетвертного» (рис. 11, 12) проема для использования таких лент нужно делать фальшчетверть, что приводит к ощутимым затратам времени и денег. Поэтому в случае таких проемов используют диффузионные ленты. Так вот, у герметиков высокая устойчивость к УФ-излучению по сравнению с диффузионными лентами, которые обычно требуют дополнительной защиты от солнечного света.

⁵ Например, у ведущего на начало 2023 года производителя лент максимальный размер перекрываемого зазора – 30 мм.

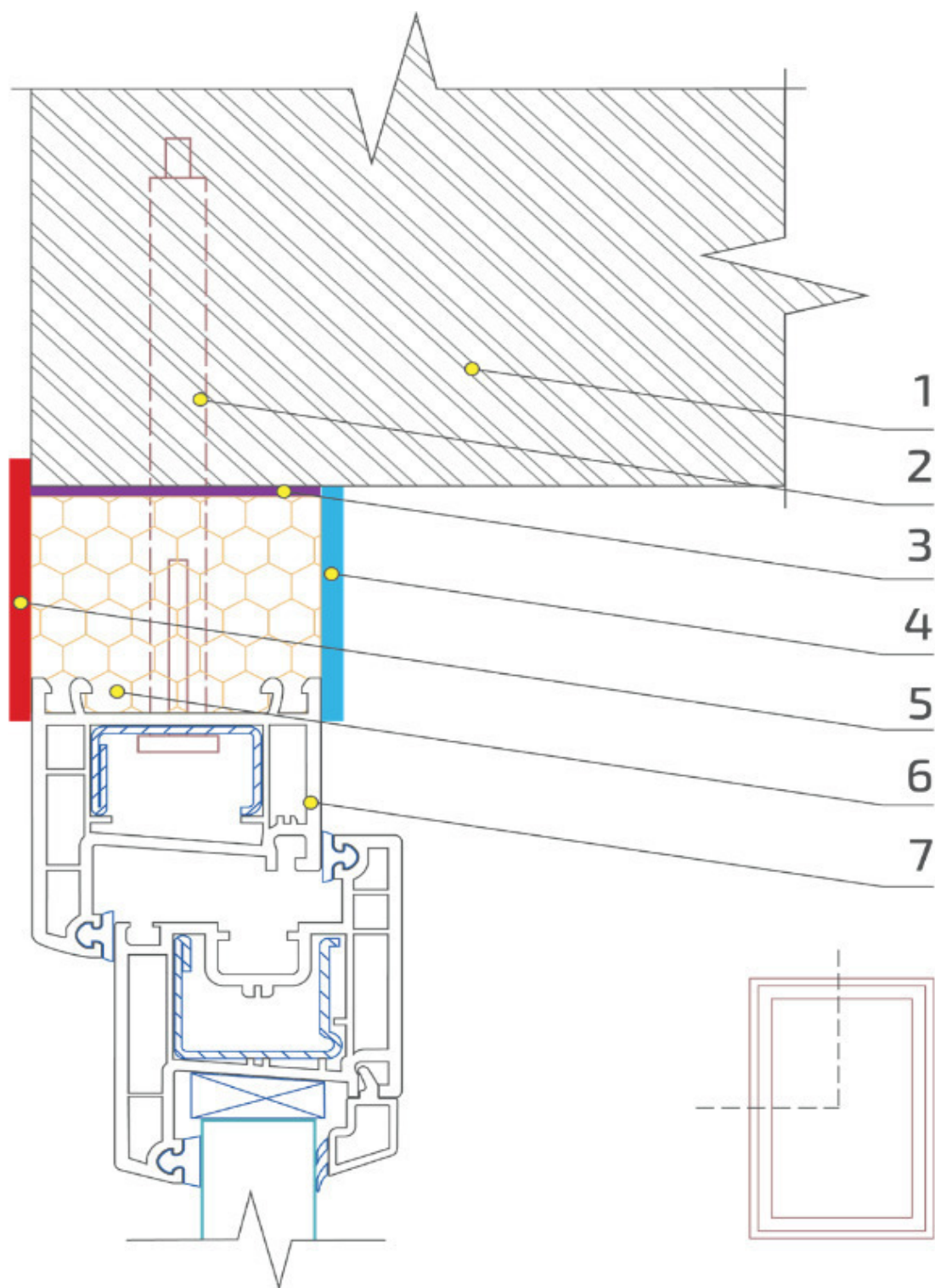


Рисунок 11. Схема монтажного шва узла примыкания оконного блока к стеновому проему без четверти (1 – кирпичная стена; 2 – анкерный дюбель; 3 – дополнительный слой монтажного шва; 4 – пароизоляция монтажного шва; 5 – гидроизоляция монтажного шва; 6 – пена монтажная; 7 – оконный блок)

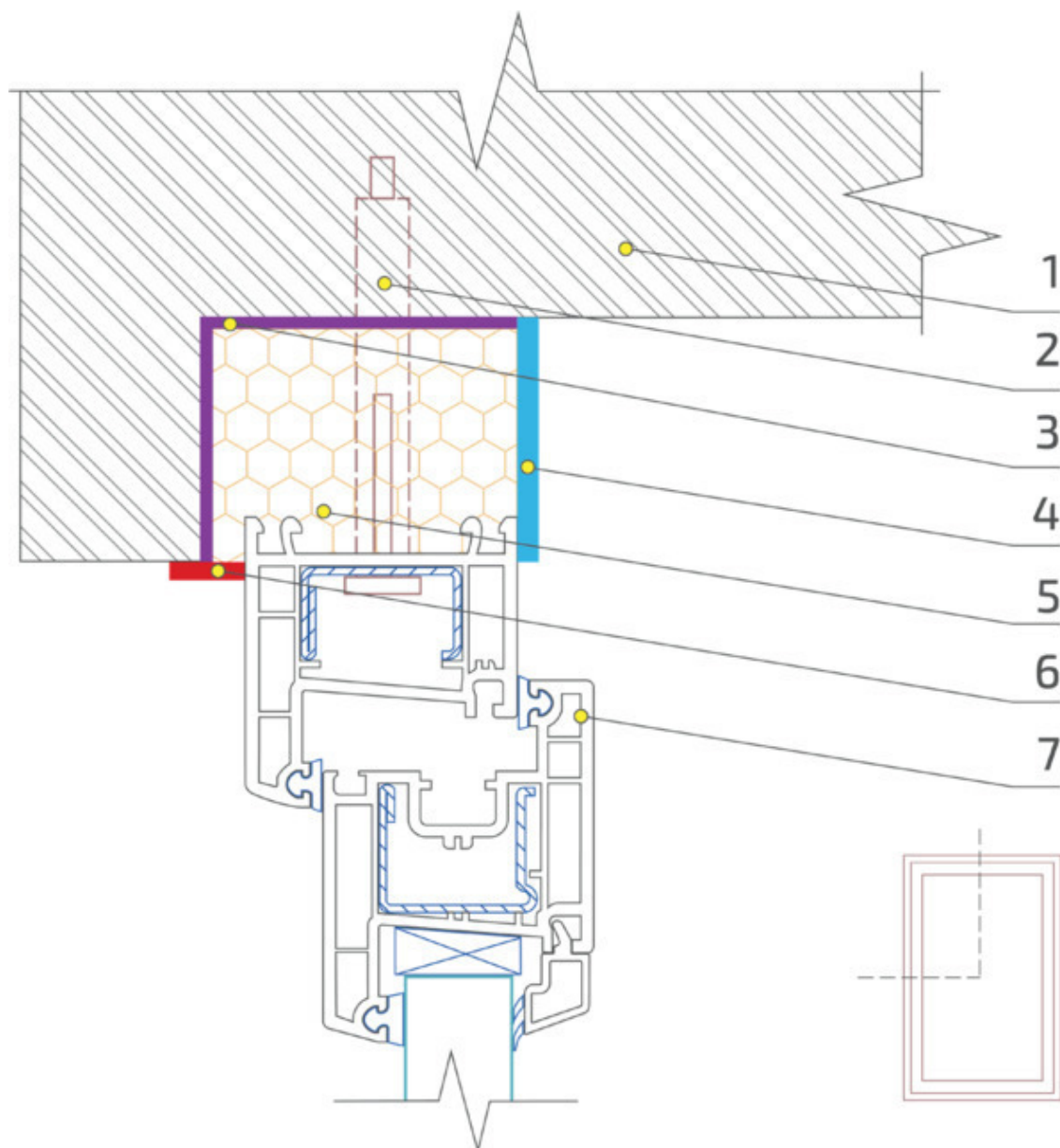


Рисунок 12. Схема монтажного шва узла примыкания оконного блока к стеновому проему с четвертью (1 – кирпичная стена; 2 – анкерный дюбель; 3 – дополнительный слой монтажного шва; 4 – пароизоляция монтажного шва; 5 – пена монтажная; 6 – гидроизоляция монтажного шва; 7 – оконный блок)

Часть 2 Особенности монтажных герметиков

Глава 5. Структура свойств акриловых герметиков для монтажного шва

Являясь ведущим производителем герметиков для наружного (рис. 13) и внутреннего слоев (рис. 14) монтажного шва, мы часто получаем вопросы о том, как влияют характеристики материалов, указываемые в технической документации, на свойства конструкции. По нашим наблюдениям, причиной этого является в первую очередь повышение уровня требовательности контролирующих органов к качеству выполнения работ и материалов, используемых при монтаже оконных проемов. Это, в свою очередь, связано с большим количеством претензий от потребителей, так как монтажный шов является одним из самых «слабых» мест в ограждающей конструкции здания.



Рисунок 13. Внешний вид упаковки герметика Стиз А



Рисунок 14. Внешний вид упаковки герметика Стиз В

Работая с этими вопросами, мы пришли к неожиданному выводу. Оказалось, что функциональность предлагаемых производителем свойств указанных материалов требует пояснения, поскольку выбор материала часто производится по так называемым косвенным, а не основным, показателям.

Для создания наружного и внутреннего слоев монтажного шва ГОСТ 30971 разрешает использование не только эластичных герметиков. Монтажный шов должен обеспечить тепло-, шумо- и влагозащиту стыка между оконным блоком и оконным проемом в условиях деформационных подвижек оконного блока в течение заданного срока службы. Вроде бы и все. Но этого достаточно, чтобы задача стала весьма сложной.

Напомним, что монтажный шов, по ГОСТ 30971, состоит как минимум из трех слоев. Центральный слой, как правило, представляющий собой массив вспененного полиуретана, достаточную тепло- и шумозащиту обеспечивает, но сам нуждается в защите от накопления в нем влаги и от разрушения под действием УФ-излучения (солнечного света). Причина в том, что полиуретан, используемый в монтажных пенах, в присутствии воды и воздействии УФ-лучей не обеспечит требуемый срок службы. Защиту центрального слоя от воздействия вышеперечисленных факторов призваны обеспечить наружный и внутренний слой шва.

Каким же образом влага может попасть в центральный слой при наличии защитных слоев? При отсутствии нарушения сплошности самого защитного слоя влага может проникнуть через контакт между слоем герметика и поверхностью блока или проема. ГОСТ 30971 определяет минимальную *прочность сцепления (адгезию)* герметика с этими материалами (бетон, ПВХ, дерево) – и это первый из основных показателей материала защитного слоя. Кроме того, возможен отрыв герметика от опорных поверхностей, если недостаточна площадь контакта с ними: в этом случае внутренние усилия, возникающие в шве при деформациях оконного блока, могут оказаться больше прочности сцепления с опорной поверхностью. Эластичность производимых сегодня акриловых герметиков составляет $250 \div 500\%$ в момент разрыва. То есть герметик растягивается в 3,5—6 раз. Каждый, кто держал в руках полоску такого матери-

ала, наверняка тянул ее и знает, что это так. Как знает и то, что усилие требуется для этого совсем небольшое. А рабочие деформации шва, по ГОСТ 30971 – не менее 10%. Поэтому важно обратить внимание на то, что у внешнего слоя герметизации есть толщина слоя и пятно контакта (герметик накладывается внахлест) с оконным проемом и самой оконной конструкцией.

Рассмотрим работу герметика в шве. Расчет распределения растягивающих напряжений в герметике по его толщине в непосредственной близости от поверхности контакта герметика с поверхностью шва дает сложную зависимость вида:

$$F(h) = \psi_1(h) + \psi_2\left(\frac{1}{b} \cdot \ln(\psi_3(h))\right),$$

где b – толщина герметизирующего слоя, выполненного герметиком, ψ_1 , ψ_2 , ψ_3 – показательные функции.

Таким образом, эластичный герметик при раскрытии шва находится в сложном напряженном состоянии с наибольшей концентрацией напряжений отслаивания на периферийных участках поверхностей контакта со стенками шва. Напряжения зависят от формы уплотнения, значений и скорости развития деформаций, от свойств герметика, а также от их температурно-временной зависимости. Важно, что это – не просто требование, иначе нельзя проектировать окно – это закон.

Наша компания в течение всей своей практики контролирует для своих герметиков максимальное усилие, возникающее в шве при его рабочей деформации. В документах это называется *модуль упругости*⁶ (второй основной показатель). Мы производим герметики, в которых обеспечивается такое соотношение между модулем упругости и адгезией, чтобы прочность сцепления с запасом превосходила рабочие напряжения шва (рис. 15). В описываемой в этой главе ситуации такой подход гарантирует сцепление защитного слоя с поверхностью рамы и проема во время эксплуатации объекта.

⁶ При этом в Технических условиях на Стиз А и Стиз В этого показателя нет. Вместо него мы контролируем долговечность герметика.

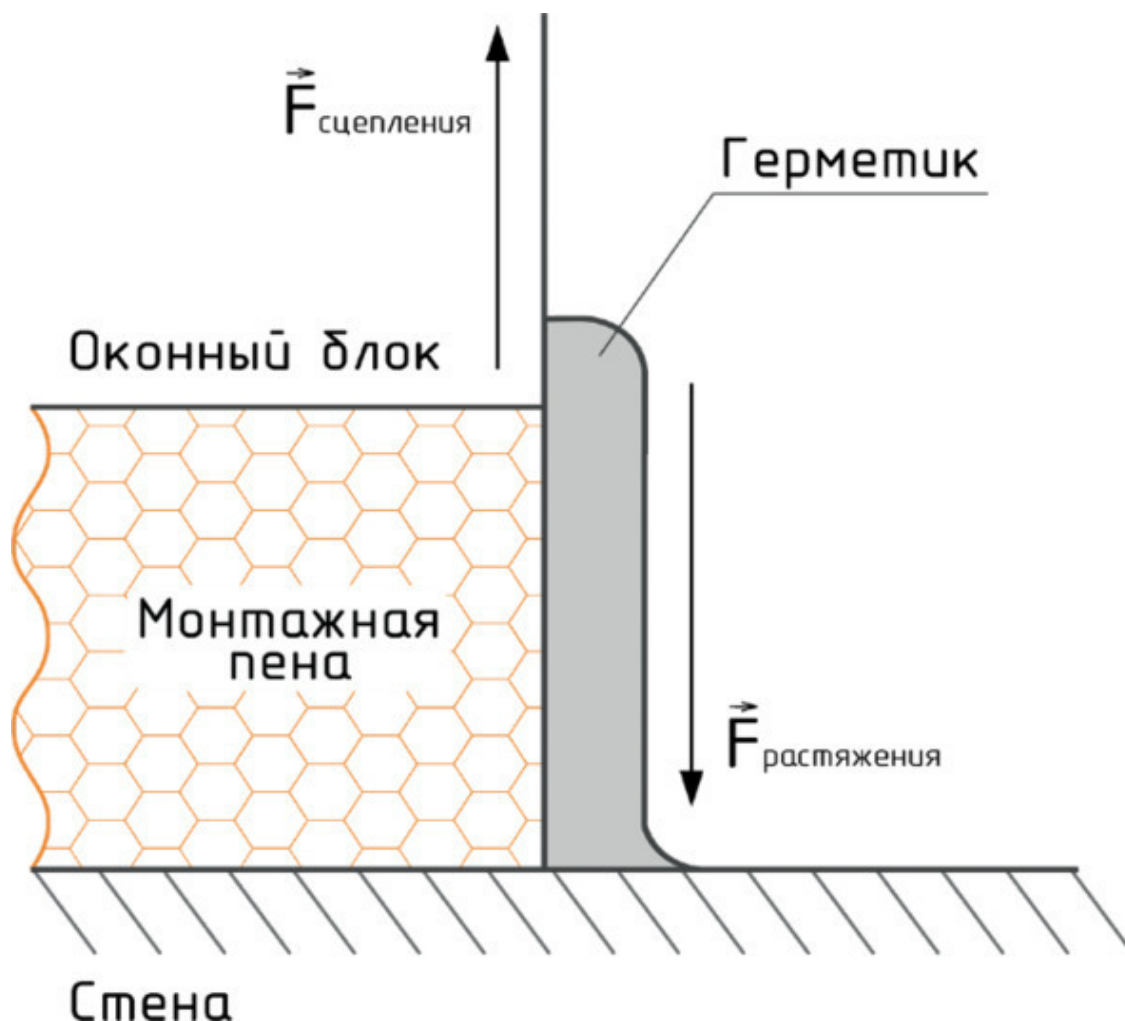


Рисунок 15. Направление действия сил сцепления и растяжения на слой герметика

Влага может проникать в центральный слой и сквозь сам наружный слой при неверном выборе материала для его изготовления. Каким образом? Если есть давление воды на слой. Откуда давление, ведь вроде бы нет причин? Есть – это давление ветра с дождем. И это обстоятельство также учтено в требованиях – герметик должен обладать определенной *водонепроницаемостью*, причем она различна, так как чем выше здание, тем больше перепад атмосферного давления при большей дождевой и ветровой нагрузке. Еще один основной показатель.

Следующий, менее привычный для понимания, путь появления влаги в центральном слое – это ее конденсация при воздухообмене, о чем мы говорили ранее в Главе 1. Из влажного воздуха, попадающего в центральный слой, при понижении температуры конденсируется вода. И если не предусмотреть возможность ее выхода, то она будет накапливаться, ухудшая теплоизоляционные свойства и разрушая пенополиуретан во время циклов замораживания-размораживания⁷. Для обеспечения вывода конденсата из центрального слоя ГОСТ требует создания различной *паропроницаемости*⁸ наружного и внутреннего слоев шва, что также является основным показателем герметика.

Ну и, конечно, основным показателем уровня материала является его *долговечность* – время эксплуатации, в течение которого сохраняются его потребительские свойства, перечис-

⁷ Вода при охлаждении от 3,71 °С до 0 °С увеличивается в своем объеме примерно на 10%.

⁸ Более правильно говорить о паропроницаемости герметика и сопротивлении паро-проницанию слоя из него. Подробнее этот вопрос рассмотрен в Главах 8—11.

ленные выше. Очевидно, что основные свойства материала определяют отсутствие дефектов конструкции, в которой они применяются, и при этом обычно не могут быть проверены при покупке герметика. Добросовестные производители в связи с этим заказывают проверку этих свойств авторитетным исследовательским центрам, специализирующимся в соответствующей отрасли. После чего добросовестный производитель обеспечивает открытость получаемых сертификатов и протоколов испытаний. Зачем? Чтобы потребитель мог проверить подлинность документов и, кроме того, сам решить, авторитетен ли для него Центр, проводивший исследования (подробнее об этом поговорим в Разделе II).

Возникает вопрос: а точно ли испытывался тот же герметик, который Вы сейчас решили купить? Можно, конечно, просто доверять при этом производителю: ведь поступая иначе, он может сильно подвести тот Центр, чьим документом он «прикрывается», и это – серьезный риск для добросовестного и думающего о своем будущем производителя.

Но во время испытаний Центр проводит измерение еще и косвенных показателей, которые могут быть легко проверены при изготовлении каждой партии или при покупке. Таким образом, смысл косвенных показателей – в подтверждении, что эта конкретная партия идентична испытанной в авторитетном Центре. В случае герметиков Стиз А и Стиз В косвенным показателем является вязкость.

И, кроме этих двух групп, есть еще показатели, определяющие удобство применения герметика. Они обычно устанавливаются самим производителем с учетом особенностей применения материала и рекомендуемой технологии. В нашем случае в этой группе – три свойства: *жизнеспособность* – время, в течение которого герметик может быть использован после вскрытия тары (для монтажных герметиков более распространено время образования поверхности пленки), *вязкость* герметика и *сопротивление текучести* – способность материала не стекать с инструмента и шва при определенной его толщине. Очевидно, что эти свойства не влияют на эксплуатационные свойства шва после его изготовления и важны только для конкретных способов работы на шве.

Хотим отметить, что герметики были в данной статье взяты в качестве объекта для анализа только как пример. А сама структура свойств, на наш взгляд, одинакова для любых товаров, будь то герметики, ленты, краски, автомобили: всегда нормируются основные свойства, собственно ожидаемые от этих товаров потребителем, косвенные показатели, подтверждающие совпадение конкретного предложения и испытанных ранее образцов, и технологические характеристики, важные для конкретного способа применения материала.

Глава 6. Эффективная толщина слоя нанесения герметика Стиз А

В 2002 году вышла в свет первая версия ГОСТ 30971, который нормирует параметры, технологию выполнения узлов примыкания и применяемые для этих целей материалы и комплектующие. Комплекс требований к материалу наружного слоя монтажного шва, изложенных в этом ГОСТе, был новым для нашей компании – такого материала в архиве наших химиков-разработчиков еще не было. Причем буквально все свойства «по отдельности» уже были освоены в практике технологической службы, но – не вместе. А относительно паропроницаемости герметика ГОСТ даже не поставил нам задачу. Дело в том, что стандарт нормировал требования к конструкции, а не к материалам для ее изготовления, и перевод требований на язык материаловедов (так называемая межотраслевая трансляция норм) оказался осложненным описанными ниже обстоятельствами.

Как известно, сопротивление паропрониканию слоя герметика $СП$ есть отношение толщины нанесенного слоя T и паропроницаемости материала P :

$$СП = \frac{T}{P}$$

Поскольку сопротивление паропрониканию слоя было задано ГОСТ (не менее $0,25 \text{ Па} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{ч} / \text{мг}$), то задача поиска требуемой паропроницаемости материала сводилась к поиску наибольшей толщины слоя, которая может получаться при монтаже. Размерная цепь толщины слоя состоит из трех звеньев:

- допустимая по эксплуатационным соображениям минимальная толщина слоя,
- технологический допуск толщины при нанесении герметика,
- геометрия опорной поверхности.

Минимальная толщина. Герметик Стиз А наносится на монтажную пену. Известно, что поверхность монтажной пены во время эксплуатации зачастую покрывается трещинами из-за деформаций слоя пены. Эти трещины работают как концентраторы напряжений для поверхности уложенного слоя герметика, приводя к его разрыву. Однако при достаточно большой толщине герметика разрывы в нем развиваться не будут. Испытания в наших лабораториях и в ГУП «НИИМосстрой», а также многолетняя практика применения показали, что минимальная толщина слоя герметика, при которой не происходит разрушения герметика из-за трещин в пене, составляет 3 мм ⁹. Это же значение появилось впоследствии и в ГОСТ 30971—2012 в п.А.2.4.

⁹ Эта величина справедлива только для акриловых герметиков: именно их используют для монтажа окон в подавляющем

Технологический допуск толщины нанесения находили в повседневной практике – потребителей герметиков у нашей компании всегда было много, и работа с ними велась постоянно. При поездках на объекты наши менеджеры и специалисты просто проверяли, какие отклонения в толщине слоев получаются в обычных условиях у обычных рабочих- герметчиков в разных местах применения. Поскольку условия при обработке монтажного шва – весьма стесненные как для нанесения материала, так и для контроля его толщины, то критерием для выбора допуска приняли высокую вероятность попадания в размер: чтобы и работать было легче, и контролировать. Оказалось, что с вероятностью практически 100% колебания толщины слоя после отверждения герметика не превосходят 1,5 мм.

Геометрия опорной поверхности. Герметик наносят на подрезанную монтажную пену, при этом герметик частично заполняет открытые поры пены. Соответственно, парообразной влаги в области заполненной герметиком поры необходимо преодолеть более толстый слой герметика для выхода из пены, чем в области вне поры. Это приводит к дополнительному увеличению сопротивления паропроницанию нанесенного слоя герметика.

Чтобы учесть это явление, рассчитаем толщину плоского слоя герметика, имеющего такое же сопротивление паропроницанию, как исходный слой с выпуклостями в местах расположения пор, толщина b_0 которого¹⁰ максимальна и равна $3 + 1,5 = 4,5$ (мм). Расчетную толщину плоского слоя будем называть эквивалентной (рис. 16).

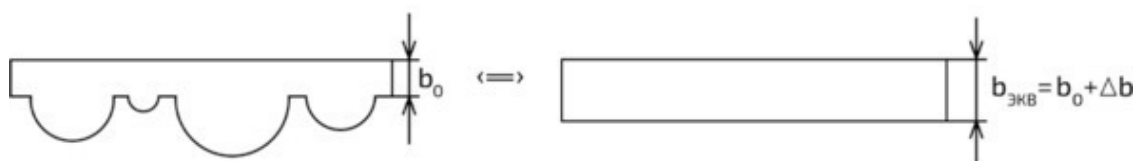


Рисунок 16. Увеличение эквивалентной толщины слоя герметика на Δb из-за заполнения герметиком открытых пор пены

Согласно ГОСТ 25898 сопротивление паропроницанию образца обратно пропорционально потоку влаги, проходящей через него при определенном перепаде парциальных давлений пара, поэтому расчет будем проводить из условия равенства суммарных потоков пара через слой герметика исходной и эквивалентной толщины.

Поток пара Q определяется как масса пара Δm , проходящая через образец в единицу времени Δt . Поток зависит от толщины образца b и коэффициента паропроницаемости μ материала образца (1):

большинстве случаев.

¹⁰ Отметим, что толщину герметика измеряют в области между порами.

$$Q = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \Delta P \mu \frac{S}{b},$$

где ΔP – это перепад парциального давления пара, вызывающий перенос влаги, S – площадь образца.

Поток Q_n через слой герметика исходной толщины представим как сумму потока в местах расположения пор $Q_{n/n}$ и потока вне пор $Q_{n/в}$. Из (1) поток $Q_{n/в}$ вне пор равен:

$$Q_{n/в} = \Delta P \mu \cdot \frac{S - \sum S_{\phi i}}{b_o},$$

где S – это общая площадь рассматриваемого слоя герметика, $\sum S_{\phi i}$ – это сумма площадей сечения пор, получаемых при подрезе пены.

Для оценки значения $\sum S_{\phi i}$ рассмотрим модель пены, поры которой на срезе диаметром 90 мм имеют распределение по размерам, как указано в табл. 2. Данная модель, как мы покажем далее, является оценкой «сверху».

Таблица 2. Распределение открытых пор на срезе пены в принятой расчетной модели

r_i (радиус пор)	N_i (количество пор такого радиуса на срезе пены)
5	5
4	10
3	15
2	50
1	100
0,5	200

Общую площадь сечения пор можно рассчитать, суммируя площади сечения пор разного размера с учетом их количества (2) :

$$\sum S_{\varnothing i} = \sum N_i \pi r_i^2 = \sum \rho_i S \pi r_i^2,$$

где N_i – количество пор с радиусом r_i , $Q_i = N_i/S$ – плотность распределения пор с радиусом r_i по образцу.

Для удобства расчета потока пара в местах расположения пор $Q_{n/m}$ будем считать, что все открытые поры имеют форму половин шара. Поток через фрагмент слоя такой формы приближенно (без учета поперечного переноса пара) рассчитаем, просуммировав значения потоков dQ через бесконечно тонкие трубки с сечением радиуса x и толщиной стенок dx (рис. 17).

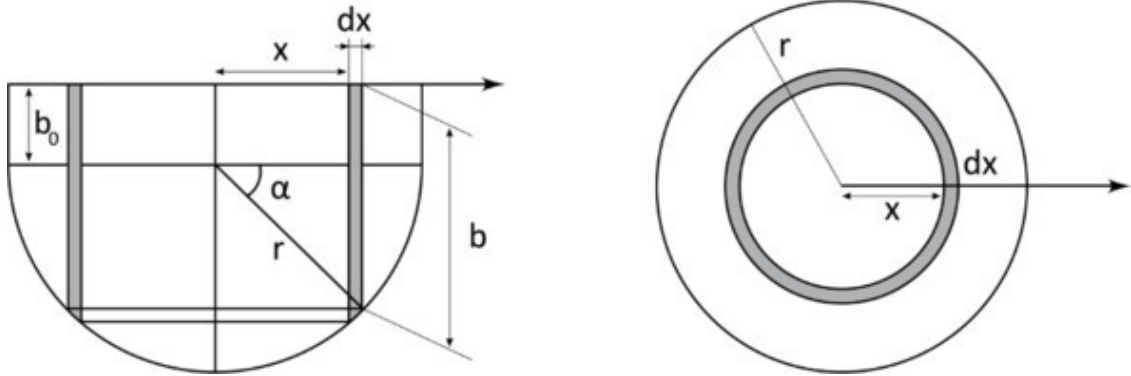


Рисунок 17. Схема расчета потока пара через фрагмент слоя герметика с выпуклостью в области расположения поры

$$dQ = \Delta P \mu \cdot \frac{dS}{b} = \Delta P \mu \cdot \frac{2\pi x dx}{b} = \Delta P \mu \cdot \frac{2\pi x dx}{b_0 + r \sin \alpha},$$

где dS – площадь поперечного сечения трубки, b – ее высота, $b_0 = 4,5$ мм – максимальная толщина слоя герметика после усадки (равная сумме минимальной толщины 3 мм и допуска нанесения 1,5 мм), r – радиус поры, α – угловое положение нижнего кольцевого края трубки.

Тогда для общего потока через фрагмент с порой, выполнив интегрирование по угловому положению кольцевого края трубки α , получаем:

$$Q_{\text{одной поры}} = \int_0^{\pi/2} \Delta P \mu \cdot \frac{2\pi x dx}{b_0 + r \sin \alpha} = 2\pi \Delta P \mu \left(r - b_0 \ln \left(1 + \frac{r}{b_0} \right) \right),$$

$$Q_{\text{одной поры}} = \int_0^{\pi/2} \Delta P \mu \cdot \frac{2\pi x dx}{b_o + r \sin \alpha} = 2\pi \Delta P \mu \left(r - b_o \ln \left(1 + \frac{r}{b_o} \right) \right)$$

$$Q_{n/n} = 2\pi \Delta P \mu \rho_i \cdot \sum (r_i - b_o \ln(1 + \frac{r_i}{b_o}))$$

Суммарный поток $Q_{n/n}$ через все фрагменты с порами разного размера с учетом (2) составит:

$$Q_{\text{экв}} = \frac{\Delta P S \mu}{b_{\text{экв}}}$$

Согласно (1), поток пара через эквивалентный плоский слой герметика равен толщиной $b_{\text{экв}}$ равен:

$$b_{\text{экв}} = \left(2\pi \rho_i \cdot \sum (r_i - b_o \ln(1 + \frac{r_i}{b_o})) + \frac{1 - \pi \cdot \sum \rho_i r_i^2}{b_o} \right)^{-1}$$

Приравнивая поток пара $Q_n = Q_{n/n} + Q_{n/в}$ через слой герметика в случае нанесения на подрезанную пену и поток пара $Q_{экв}$ через эквивалентный плоский слой герметика, получим выражение для эквивалентной толщины:

При принятой выше модели распределения пор величина $b_{экв}$ составила 5 мм, что на $\Delta b = 0,5$ мм больше максимальной толщины нанесения, измеряемой после усадки. Именно эти 0,5 мм необходимо «добавить» к максимально допустимой толщине для проведения испытаний на сопротивление паропрооницанию слоя герметика.

Таким образом, мы установили, что герметик Стиз А должен обладать такой паропрооницаемостью, чтобы слой толщиной 5 мм ($3+1,5+0,5=5$) удовлетворял требованию ГОСТ 30971 по сопротивлению паропрооницанию наружного слоя, что и было введено как технический показатель качества в Технические условия. При этом важно отметить, что наносить герметик такой толщиной не надо! Толщина нанесения герметика, измеряемая после усадки, должна составлять $4,5 \pm 1,5$ мм. Толщина 5 мм «появляется» только при испытании на сопротивление паропрооницанию.

Обоснование принятых выше геометрических размеров

Обоснуем допустимость принятой выше системы геометрических размеров образца пены и распределения пор в образце. Для этого сравним использованную в расчете модель с реальными монтажными пенами.

Производители монтажных пен разделяют пены на бытовые (имеющие множество пор больших диаметров) и профессиональные (с малыми размерами пор). Для выполнения работ по монтажу окон рекомендуется использовать профессиональные пены, так как их «выход» из баллона больше, а вторичное расширение и усадка меньше. Мы сравним использованную в расчете модель с образцами бытовых пен, потому что если наша расчетная модель окажется более «жесткой» в этом сравнении, то ее тем более можно использовать для сравнения с профессиональными пенами.

Был изготовлен эскизный макет (рис. 18, 19) использованной в расчете модели. Также были изготовлены образцы подрезанных монтажных пен (рис. 20, 21, 22) с такими же геометрическими размерами, что и в использованной в расчете модели – диаметром 90 мм, по размеру имеющейся опалубки. Фотографии образцов пен наглядно показывают, что использованная в расчете модель имеет более высокую плотность распределения и большие диаметры пор, чем реальные бытовые пены (при условии соблюдения указаний производителя по эксплуатации). Таким образом, использование для расчета вышеописанной модели обоснованно.

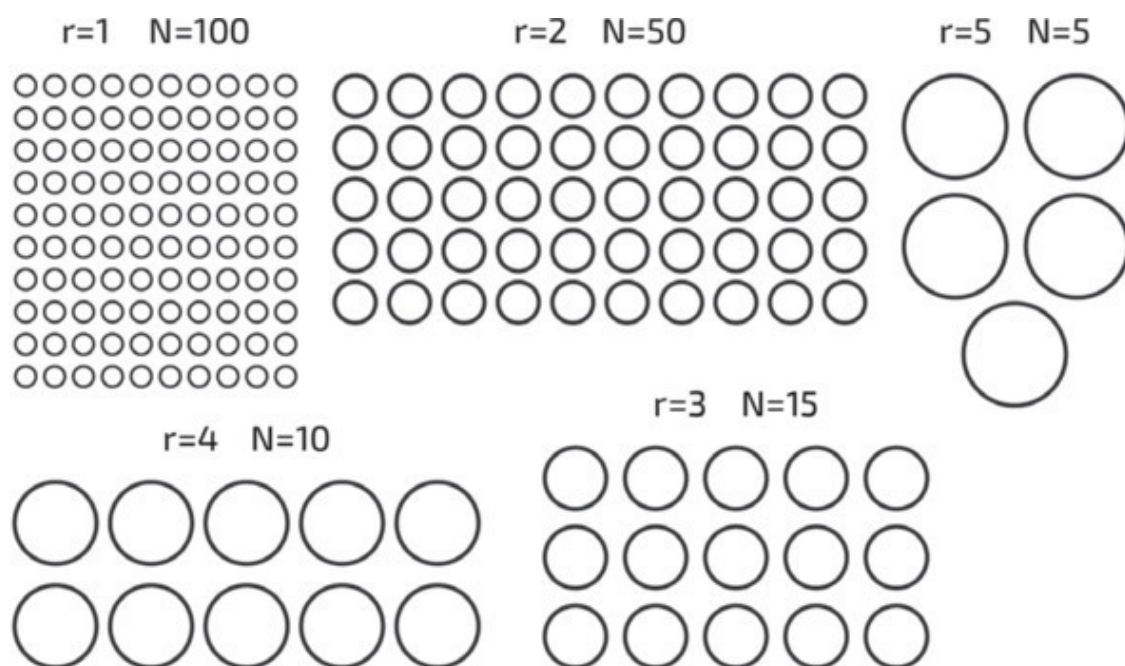


Рисунок 18. Заготовка макета с использованными в расчете геометрическими размерами. Радиус 0,5 мм не использован

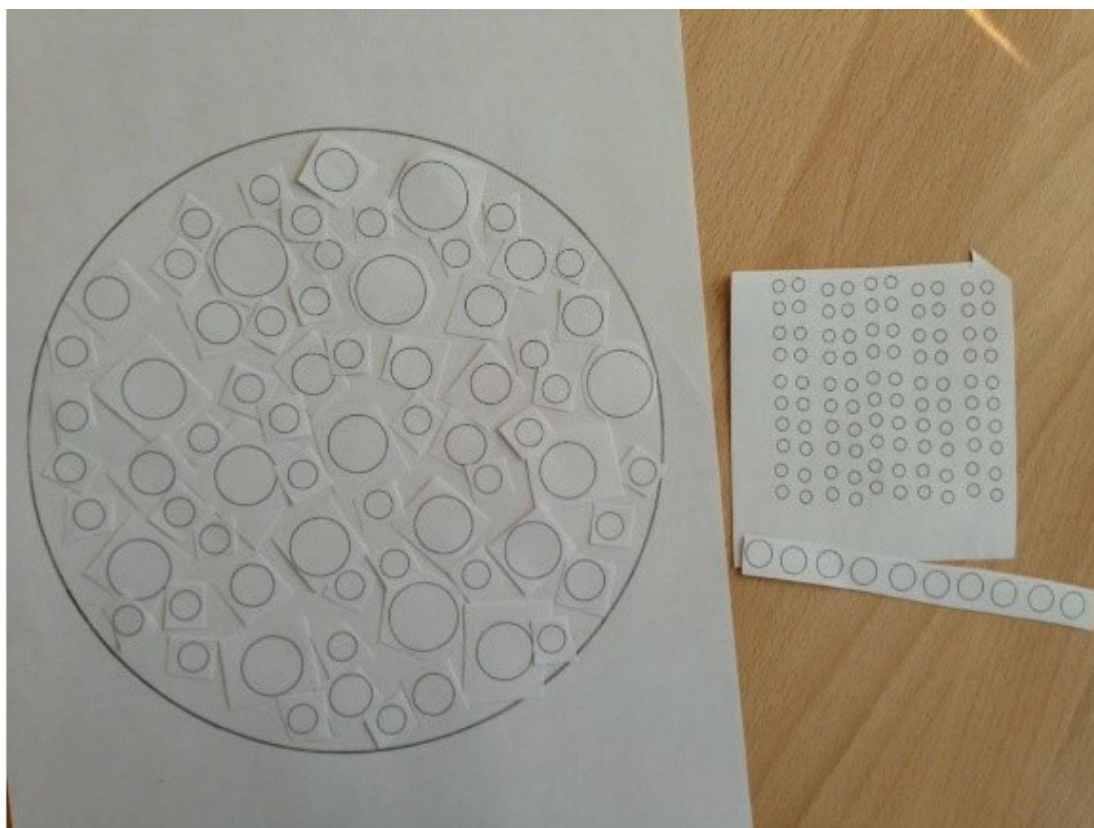


Рисунок 19. Бумажный макет использованной в расчете модели. «Поры» с радиусом 1, а также часть «пор» с радиусом 2 не размещены на «образце» пены



Рисунок 20. Срез образца бытовой пены №1. Диаметр образца 90 мм



Рисунок 21. Срез образца бытовой пены №2. Диаметр образца 90 мм



Рисунок 22. Срез образца бытовой пены №3. Диаметр образца 90 мм

Глава 7. Использование понятия «сопротивление паропрооницанию» в процессе устройства монтажного шва

Акриловые герметики нашего производства (Стиз А и Стиз В) выделяются среди других герметиков для монтажа окон. В том числе – своей ценой. Более высокая цена – это плата за их характеристики: во-первых, удовлетворяющую требованию ГОСТ 30971 долговечность в 20 условных лет, а во-вторых, удовлетворяющие тому же ГОСТ значения сопротивления паропрооницанию на рабочих толщинах. И если долговечность обычно вопросов не вызывает, то про сопротивление паропрооницанию стоит поговорить подробнее.

Сопротивление паропрооницанию – это характеристика, которая показывает, насколько сильно изделие «сопротивляется» проникновению парообразной влаги сквозь него. Для чего она указана в ГОСТ 30971? Требование по сопротивлению паропрооницанию установлено, чтобы обеспечить долговечную работу монтажного шва. Объясним. В монтажном шве теплоизолятор (пена) должна быть защищена от влаги: вода имеет в 20 раз больший коэффициент теплопроводности, поэтому, попадая в пену, резко ухудшает ее свойства. Наши испытания показывают, что набор пеной воды в количестве 13% по массе приводит зимой к снижению температуры на внутренней стороне шва на 10 °С (по сравнению с сухим швом). Понятно, что даже 1% влаги в пене повысит ее коэффициент теплопроводности, поэтому температура на внутренней стороне даже такой, слегка намокшей пены будет зимой меньше, чем у сухой пены. Но вряд ли температура на шве снизится в этом случае так, чтобы это было заметно. А 10 градусов заметны будут. Поэтому 13% мы считаем критическим уровнем влагосодержания¹¹.

Как именно вода может попасть в монтажную пену? Во-первых, во время дождя, поэтому снаружи пену закрывают гидроизоляционным слоем. Во-вторых, в пене может конденсироваться влага, содержащаяся в воздухе, поток которого в зимнее время направлен из помещения на улицу (так как абсолютная влажность помещения зимой всегда выше, чем на улице). Чтобы существенно уменьшить этот эффект, изнутри пену закрывают пароизоляционным слоем. В-третьих, влага может попасть в пену из стены: если в ней есть микротрещины, то во время дождя влага из намокшей стены будет через эти микротрещины попадать в пену. Оконные компании обычно не занимаются восстановлением стеновых проемов, и даже если занимаются, то это не гарантирует отсутствие таких трещин, ведь они могут появиться во время эксплуатации здания. Впрочем, монтажная пена быстро высыхает – в среднем за 4 дня, если ничто не препятствует ее высыханию. Поэтому наружный слой делают таким, чтобы он не «сопротивлялся» испарению влаги из пены, то есть имел низкое сопротивление паропрооницанию. Согласно п. А.2.2 ГОСТ 30971—2012 необходимо, чтобы наружный слой имел значение сопротивления паропрооницанию не более $0,25 \text{ Па} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{ч/мг}$.

Важно отметить, что сопротивление паропрооницанию слоя материала прямо пропорционально толщине этого слоя (так как при увеличении толщины слоя парообразной влаги надо преодолеть большее расстояние). Поэтому изменяя толщину наружного слоя, можно получить выполнение условия «не более $0,25 \text{ Па} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{ч/мг}$ » на любом материале. Другими словами, для каждого материала существует своя собственная максимально допустимая толщина нанесения. Как было показано в предыдущей главе, для герметика Стиз А максимально допустимая толщина нанесения составляет 5 мм. Ближайший к нам конкурент, исходя из имеющихся на оконном рынке заключений независимых лабораторий, имеет на толщине 5 мм значение сопротив-

¹¹ Возможно, кто-то и потерю 3 °С посчитает слишком большой, поэтому для него критический уровень влагосодержания будет меньше, чем 13%.

ления паропрооницанию, равное $0,5 \text{ Па} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{ч/мг}$, то есть, с учетом прямо пропорциональной связи сопротивления слоя и его толщины (подробнее – в Главе 8), максимально допустимую толщину, равную $2,5 \text{ мм}^{12}$. Формально, это не удовлетворяет требованию ГОСТ 30971. Но нас часто спрашивают: «И что такого? Что плохого может случиться?». Вопрос резонный, ведь сопротивление паропрооницанию – это не масса или температура. Тела с разной массой или температурой легко отличить друг от друга, взяв их в руки. А как «пощупать» сопротивление паропрооницанию? Мы подумали и нашли способ.

Сопротивление паропрооницанию слоя наружного герметика показывает, по сути, скорость высыхания монтажной пены, которую этот слой закрывает со стороны улицы. Значит, эту скорость высыхания и надо измерить. Мы подготовили несколько образцов монтажных пен, промочили их до максимального влагосодержания и поместили в пароизоляционные контуры. Первую группу образцов закрыли сверху слоем Стиз А (рис. 23).



Рисунок 23. Схема образца для испытаний

Вторую – закрыли слоем конкурентного материала с максимально допустимой толщиной нанесения в $2,5 \text{ мм}$ (назовем его для удобства

¹² Как мы покажем в Главе 10, прямо пропорциональная связь между сопротивлением паропрооницанию и толщиной слоя – вопрос неоднозначный. Так что скорее всего здесь не $2,5 \text{ мм}$, а около 1 мм .

«строительным акрилом»), при этом наносили его тоже толщиной 5 мм. Третью группу образцов не стали ничем закрывать. Далее измеряли скорость высыхания образцов пены (табл. 3).

Таблица 3. Зависимость влагонакопления в монтажной пене от времени

Время, сутки	Влагонакопление в монтажной пене по массе, %		
	Незакрытая пена	Пена, закрытая Стиз А	Пена, закрытая строительным акрилом
0	232,7	210,2	216,7
3	70,4	125,6	128,6
4	49,3		
7	8,7	35,9	66,7
10	0	7,7	38,1
12		5,1	31,0
13		2,6	23,8
15		0	14,3

Существенна ли полученная разница? Чтобы ответить на этот вопрос, построим графики (рис. 24) высыхания образцов пен и посмотрим, за какое время они высохнут до критического уровня влагосодержания, который был выбран нами равным 13%.

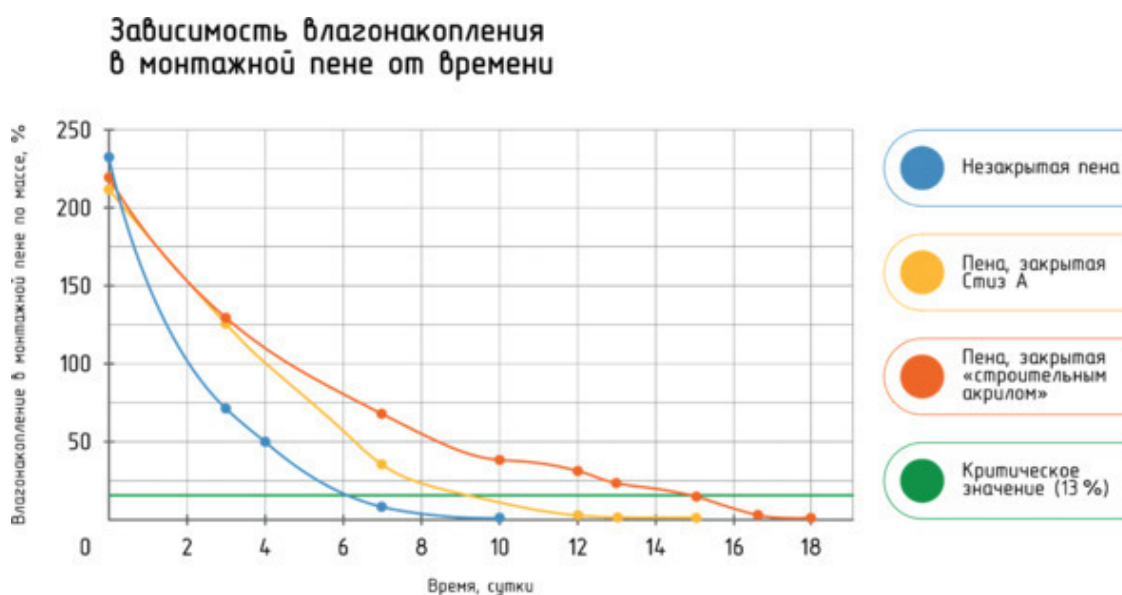


Рисунок 24. Зависимость влагосодержания в монтажной пене от времени

Мы видим, что оставленная открытой пена высыхает до критического уровня влагосодержания через 6,1 дня после начала испытаний. Пена, закрытая Стиз А – через 9,4 дня, а пена, закрытая строительным акрилом – через 15,6 дней. А что это означает для реальной эксплуа-

тации герметиков? Рассмотрим такой случай: установлены окна, в стене есть микротрещины, в ноябре пошел дождь, и пена промокла. А через 10—12 дней температура опустилась сильно ниже 0 °С. Тогда если пена была закрыта Стиз А – проблем нет¹³. А если строительным акрилом – то проблемы у жильцов будут, так как шов промерзнет. Вот такую разницу уже можно «пощупать». Добавим сюда разную долговечность герметика (у Стиз А она подтверждена, например, независимым испытанием в ГУП «НИИМосстрой», выполненным при условии свободной¹⁴ выборки образцов для испытаний) и получим ответ, почему Стиз А дороже обычных акрилов. Мы полагаем, что повышенная вероятность промерзания шва и его пониженная долговечность (а значит, и пониженный срок эксплуатации всего окна) не стоит экономии 20—30 рублей на одном окне (то есть всего 0,2—0,3% от его стоимости при цене в 10 000 руб.). Поэтому мы никогда не производили и не будем производить более дешевые акрилы, не имеющие необходимые по ГОСТ 30971 долговечность и сопротивление паропрооницанию на рабочей толщине слоя. И что-то нам подсказывает, что клиенты оконных компаний – жильцы квартир и домов, в которых устанавливают окна эти компании – согласились бы доплатить дополнительные 20—30 рублей на окне, если бы поняли, за что именно они доплачивают.

¹³ Очевидно, что с этой точки зрения пену вообще лучше ничем не закрывать снаружи. Но так, разумеется, нельзя: она будет намокать во время дождя и разрушаться под действием солнечного света.

¹⁴ Свободная выборка образцов выполняется представителем испытательного центра непосредственно на складе готовой продукции производственного предприятия, что исключает возможность передачи на испытания несерийных образцов, специально подготовленных для прохождения испытания.

Глава 8. Взаимосвязь толщины слоя нанесения герметика и показателя сопротивления паропрооницанию

При установке оконного блока крайне важным этапом является обеспечение сопряжения окна со стеновым проемом. Действительно, в полученной конструкции этот элемент сопряжения, называемый монтажным швом, считается самой проблемной зоной: с ним связано до половины всех рекламаций по работе окна.

Вообще, ГОСТ 30971 «Швы монтажные узлов примыканий оконных блоков к стеновыми проемам» задает требования к различным элементам монтажного шва. В том числе и к наружному слою. Например, он должен быть водонепроницаемым при определенном давлении воды, иначе при сильном дожде под давлением ветра влага попадет внутрь шва. Еще он не должен препятствовать естественному движению пара изнутри наружу, а для этого материал наружного слоя должен быть паропроницаемым. Но в ГОСТ прописано требование не к материалу наружного слоя, а именно к самому слою: наружный слой должен иметь сопротивление паропрооницанию не более $0,25 \text{ Па} \cdot \text{м}^2$

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.