



Зачем делать слой герметика «Стиз А» толщиной 5 мм? Взгляд из 2021 года

В начале 2010-х мы написали статью (clck.ru/ZEjam), в которой объяснили, почему сопротивление паропрооницанию герметика «Стиз А» измеряется на толщине 6 мм, хотя обычная толщина нанесения на пенный шов составляет от 1,7 до 3,2 мм. За прошедшее время изменилась размерная цепь толщины слоя, поэтому мы приняли решение актуализировать текст статьи.

Указанный в заголовке вопрос нередко задается как менеджерами, так и специалистами компаний, имеющих отношение к монтажу оконных конструкций. Вопрос важен, так как связан с особым свойством «Стиз А» — высокой паропрооницаемостью, и требует развернутого ответа, который мы и предлагаем читателю.

Итак, 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 паропрооницаемости 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 паропрооницанию слоя герметика R есть функция толщины нанесенного слоя b и паропрооницаемости материала μ :

$$R = \frac{b}{\mu}$$

Поскольку сопротивление паропрооницанию слоя было задано ГОСТом, то задача поиска требуемой паропрооницаемости материала сводилась к поиску наибольшей толщины слоя, который может получаться при монтаже. Размерная цепь толщины слоя состоит из трех звеньев:

- 1) допустимая по эксплуатационным соображениям минимальная толщина слоя,
- 2) технологический допуск толщины при нанесении герметика,
- 3) 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 верх уложенного слоя герметика, приводя к его разрыву. Однако при достаточной 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 мм¹. Это же значение появилось впоследствии в версии ГОСТ 30971 от 2012 года в п. А.2.4.

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 паропрооницанию нанесенного слоя герметика. Чтобы учесть это явление, рассчитаем толщину плоского слоя герметика, имеющего такое же сопротивление паропрооницанию, как исходный слой с выпукло-

¹ Эта величина справедлива только для акриловых герметиков — именно их используют для монтажа окон в подавляющем большинстве случаев.

стями в местах расположения пор, толщина b_0 которого² максимальна и равна $3+1,5 = 4,5$ мм. Расчетную толщину плоского слоя будем называть эквивалентной (см. рис. 1).

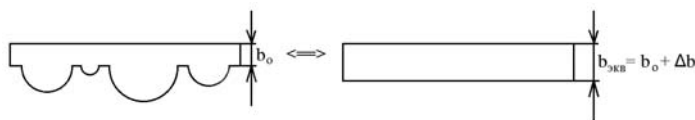


Рис. 1. Увеличение эквивалентной толщины слоя герметика на Δb из-за заполнения герметиком открытых пор пены

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

$$Q = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \Delta P \mu \frac{S}{b}, \quad (1)$$

где ΔP – это перепад парциального давления пара, вызывающий перенос влаги, S – площадь образца. Поток $Q_{\text{п}}$ через слой герметика исходной толщины представим как сумму потока в местах расположения пор $Q_{\text{п/п}}$ и потока вне пор $Q_{\text{п/в}}$.

Из (1) поток $Q_{\text{п/в}}$ вне пор равен:

$$Q_{\text{п/в}} = \Delta P \mu \cdot \frac{S - \sum S_{\text{oi}}}{b_0},$$

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

Для оценки значения $\sum S_{\text{oi}}$ рассмотрим модель пены, поры которой на срезе диаметром 90 мм имеют распределение по размерам, как указано в таблице 1. Данная модель является оценкой «сверху», в чем мы убедились в следующем эксперименте: clck.ru/YvSEc.

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

Табл. 1. Распределение открытых пор на срезе пены в принятой расчетной модели

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

$$\sum S_{\text{oi}} = \sum N_i \pi r_i^2 = \sum \rho_i S \pi r_i^2, \quad (2)$$

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

Для удобства расчета потока пара в местах расположения пор $Q_{\text{п/п}}$ 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 (см. рис. 2):

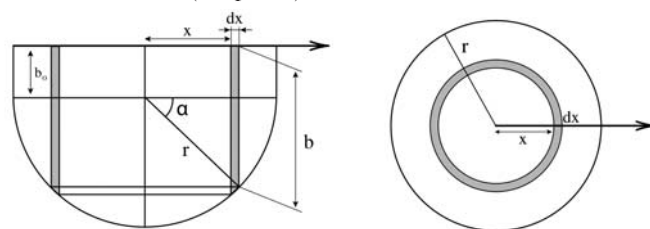


Рис. 2. Схема расчета потока пара через фрагмент слоя герметика с выпуклостью в области расположения поры

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

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:

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

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

$$Q_{\text{п/п}} = 2\pi \Delta P \mu \rho_i \cdot \sum (r_i - b_0 \ln(1 + \frac{r_i}{b_0}))$$

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

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

Приравняв поток пара $Q_{\text{п}} = Q_{\text{п/п}} + Q_{\text{п/в}}$ через слой герметика в случае нанесения на подрезанную пену и поток пара $Q_{\text{экр}}$ через эквивалентный плоский слой герметика, получим выражение для эквивалентной толщины:

$$b_{\text{экр}} = (2\pi \rho_i \cdot \sum (r_i - b_0 \ln(1 + \frac{r_i}{b_0})) + \frac{1 - \pi \cdot \sum \rho_i r_i^2}{b_0})^{-1}$$

При принятой выше модели распределения пор величина $b_{\text{экр}}$ 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 паропроницанию слоя герметика.

Таким образом, мы установили, что герметик «Стиз А» должен обладать такой паропроницаемостью, чтобы слой толщиной $3 + 1,5 + 0,5 = 5$ мм удовлетворял требованию ГОСТ 30971 по сопротивлению паропроницанию наружного слоя, что и было введено как технический показатель качества в Технические условия.

А ответ на вопрос в заголовке все тот же: наносить герметик такой толщиной не надо. Толщина нанесения герметика, измеряемая после усадки, должна составлять 4,5-1,5 мм. Толщина 5 мм появляется только при испытании на сопротивление паропроницанию.

Компания «САЗИ»

140005, Московская обл., г. Люберцы, ул. Комсомольская, 15 А

Тел.: +7 (495) 221-8765, 740-4727

www.sazi-group.ru

² Отметим, что толщину герметика измеряют в области между порами.