



## Почему нельзя использовать «мениск» в монтажном шве?

В статье «Правда о вогнутом шве» (выпуск № 40 за 2014 год) мы продемонстрировали, что менискообразная форма шва вызывает чрезмерное растяжение в центральной тонкой части шва. Деформация герметика в этом опасном сечении будет больше той, которой подвергается сам шов и на которую рассчитан герметик. Мы указали, что «без всяких «умных» формул» разрушается «привычное представление о преимуществах вогнутого шва» и отметили, что «тезис про вогнутость еще проще опровергается с помощью «умных» формул».

Мы вернулись к этой теме, потому что представление об обязательном наличии «мениска» в шве герметика еще существует в строительном мире. Для инженеров-проектировщиков зачастую непривычно, что плоский шов долговечнее менискообразного. Поэтому мы приводим строгий расчет для доказательства нашей позиции и демонстрируем эти «умные» формулы.

### Постановка задачи

В данном случае деформацию слоя герметика мы будем оценивать через его относительное удлинение. В практике это понимается как отношение изменения ширины шва к первоначальной ширине. Назовем это отношение «кажущейся деформацией» шва. При неравномерной толщине шва – например, при исполнении шва в форме «мениска» – отдельные его части будут испытывать разную деформацию. Поэтому уместно ввести понятие «истинной деформации» шва как деформации опасного сечения. Если истинная деформация больше кажущейся деформации, то это отличие важно учитывать при проектировании и исполнении монтажных, фасадных и других строительных швов. Таким образом, цель данного расчета состоит в оценке отношения истинной и кажущейся деформации для менискообразного шва.

### Расчет

Исходя из рекомендаций для конструктивных швов примем, что ширина шва в два раза больше максимальной толщины (см. рис. 1). Локальную толщину  $H$  шва будем находить из формы кривой, которая определяет «мениск». С некоторым приближением будем считать ее параболой:

$$H(z) = h + A \cdot (z - L/2)^2, \quad (1)$$

где  $z$  – координата рассматриваемого сечения вдоль ширины шва,  $h$  – минимальная толщина шва,  $L$  – ширина шва,  $A$  – числовой коэффициент. В расчете  $h$  взят равным 3 мм (минимальная толщина нанесения герметика для наружного слоя монтажного шва по ГОСТ 30971),  $L$  – 30 мм (средняя ширина фронтального монтажного зазора). Исходя из значения функции  $H(z)$  при  $z = L$ , получаем:

$$A = \frac{4 \cdot \left(\frac{L}{2} - h\right)}{L^2} \quad (2)$$

Согласно закону Юнга относительное удлинение  $\varepsilon$  каждого слоя шва составит:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E} = \frac{F}{SE} = \frac{F}{H(z)aE}, \quad (3)$$

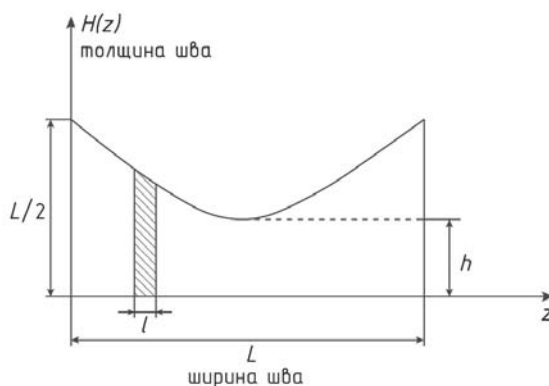


Рис. 1. Типовая схема конструкционного шва

где  $l$  – ширина рассматриваемого слоя шва,  $\Delta l$  – его абсолютное удлинение,  $F$  – растягивающая шов сила,  $\sigma$  – возникающее напряжение,  $E$  – модуль Юнга,  $S$  – площадь поперечного сечения слоя с координатой  $z$ ,  $a$  – длина шва в направлении, перпендикулярном рисунку.

Удлинение шва  $\Delta l_{\Sigma}$  складывается из удлинения его отдельных сечений, поэтому рассчитаем  $\Delta l_{\Sigma}$  интегрированием локальных деформаций по ширине шва. Растягивающее усилие  $F$  для всех слоев шва одинаково: в противном случае происходило бы движение слоев под действием разницы сил натяжения, действующих на левые и правые стороны. При переходе к дифференциально малым слоям начальную ширину слоя  $l$  обозначим  $dz$ :

где  $\Delta l(z)$  – удлинение дифференциально малого слоя шва. Подставляя принятое выражение для толщины шва (1), получим:

$$\Delta l_{\Sigma} = \int_0^L \Delta l(z) = \int_0^L \frac{F}{H(z)aE} dz,$$

Интегрирование дает результат:

$$\Delta l_{\Sigma} = \frac{F}{aE} \int_0^L \frac{dz}{h + A(z - L/2)^2} = \frac{F}{haE} \int_0^L \frac{dz}{1 + (A/h)(z - L/2)^2}$$

$$\Delta l_{\Sigma} = \frac{2F}{aE\sqrt{hA}} \operatorname{arctg} \left( \frac{L}{2} \sqrt{\frac{A}{h}} \right), \text{ откуда}$$

$$F = \frac{aE\sqrt{hA}}{2 \operatorname{arctg} \left( \frac{L}{2} \sqrt{\frac{A}{h}} \right)} \Delta l_{\Sigma}$$

Из (3) следует, что максимальное относительное удлинение развивается в сечении с минимальной толщиной шва. В этом опасном сечении деформация составит:

$$\varepsilon_{истин.} = \frac{F}{haE} = \frac{1}{haE} \Delta L_{\Sigma} \frac{aE\sqrt{hA}}{2 \arctg\left(\frac{L}{2}\sqrt{\frac{A}{h}}\right)} = \frac{\Delta L_{\Sigma}}{L} \frac{\frac{L}{2}\sqrt{\frac{A}{h}}}{\arctg\left(\frac{L}{2}\sqrt{\frac{A}{h}}\right)}$$

Для шва постоянной толщины растяжение на  $\Delta L_{\Sigma}$  вызывает равномерное относительное удлинение всех слоев на

$$\varepsilon_{кажущ.} = \frac{\Delta L_{\Sigma}}{L}$$

Соответственно, искомое отношение истинной и кажущейся деформаций для шва в форме мениска составляет, с учетом (2):

$$\frac{\varepsilon_{истин.}}{\varepsilon_{кажущ.}} = \frac{\frac{L}{2}\sqrt{\frac{A}{h}}}{\arctg\left(\frac{L}{2}\sqrt{\frac{A}{h}}\right)} = \frac{\sqrt{\frac{L}{2h}-1}}{\arctg\left(\sqrt{\frac{L}{2h}-1}\right)}$$

Подстановкой указанных выше значений параметров получаем  $\varepsilon_{истин.}/\varepsilon_{кажущ.} = 1,81$ . Получается, что если заложить в проект деформацию монтажного шва в 15%, то при использовании «мениска» истинная деформация будет равна  $1,81 \cdot 15\% \approx 27\%$ . Таким образом, использование менискообразной формы шва увеличивает истинную деформацию и, следовательно, уменьшает срок службы шва.

Насколько именно? Исследования на акриловых герметиках не проводились, но для полиуретановых герметиков, которые применяются в высокодеформативных швах, повышение амплитуды деформации в среднем пропорционально уменьшает срок службы герметика. Если для акриловых герметиков сохраняется такая же зависимость, то менискообразный монтажный шов при заданных параметрах прослужит на 45% меньше, чем плоский.

**Выводы и лирическое отступление**

Итак, с помощью «умных формул» мы подтвердили, что тонкое сечение при использовании менискообразной формы шва испытывает повышенные нагрузки. Отметим, что некоторые производители монтажных лент не оставляют попыток навязать использование забутовочных шнуров (а значит, и «мениска») при использовании герметиков, потому что «так делают в Европе». Расчет показывает, что такая позиция неверна. Можно было бы предположить, что такое стремление вызвано единственно желанием упомянутых производителей получить конкурентное преимущество<sup>1</sup>, но мы считаем, что в данном случае это не так. Они попросту заблуждаются.

Гладков П. С.,  
Губанов Г. А., к. т. н.

Компания «САЗИ»  
140005, Московская обл., г. Люберцы,  
ул. Комсомольская, 15 А  
Тел.: +7 (495) 221-8765, 740-4727  
www.sazi-group.ru

<sup>1</sup> Ведь монтаж на герметики становится при использовании шнуров сложнее и, главное, дороже, чем монтаж на ленты.

**СИСТЕМА МОНТАЖА САЗИ**

<b>Наружный слой</b> (паропроницаемый, водоизоляционный герметик)	<b>Внутренний слой</b> (пароизоляционный, однокомпонентный герметик)
<b>Внутренний слой</b> (пароизоляционный, двухкомпонентный герметик)	<b>Дополнительный слой</b> (паро- и водоизоляционный материал)

В  
или  
PU  
Д