

УДК 69.057.43

к.т.н. Будзило Е. Е.,
Збицкая В. В.

(ЛГУ им. В. Даля, г. Луганск, ЛНР, ki1ri1ch@mail.ru)

К ВОПРОСУ УЛУЧШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДОЗАЩИТЫ ОТКРЫТЫХ СТЫКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ, СКЛАДСКИХ ПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

В данной работе выполнен анализ существующих вариантов устройства открытых стыков, разработан вариант водозащиты с использованием упругой прокладки в качестве герметизирующего материала. Исследованиями доказано, что данный вариант устройства наружного стыка позволяет надежно загерметизировать вертикальный стык между панелями здания, причем с уменьшением диаметра паза и увеличением толщины ленты возрастает давление на стенку канала, создаваемое прокладкой.

Ключевые слова: конструкция открытого стыка, водозащита, герметизация, упругая прокладка, устье стыка, панельное здание.

Эксплуатационная надежность производственных, сельскохозяйственных, складских панельных зданий в значительной мере зависит от качества герметизации стыков. Получившие широкое распространение конструкции закрытых стыков с применением «мокрых» процессов не всегда обеспечивают достаточную водозащиту стыковых соединений.

Учитывая, что уровень тепловой защиты в производственных, сельскохозяйственных, складских зданиях не так жестко регламентируется, что в первую очередь связано с характером их эксплуатации, это позволяет использовать в них открытые стыки, в которых водонепроницаемость обеспечивается конструктивными мероприятиями [1].

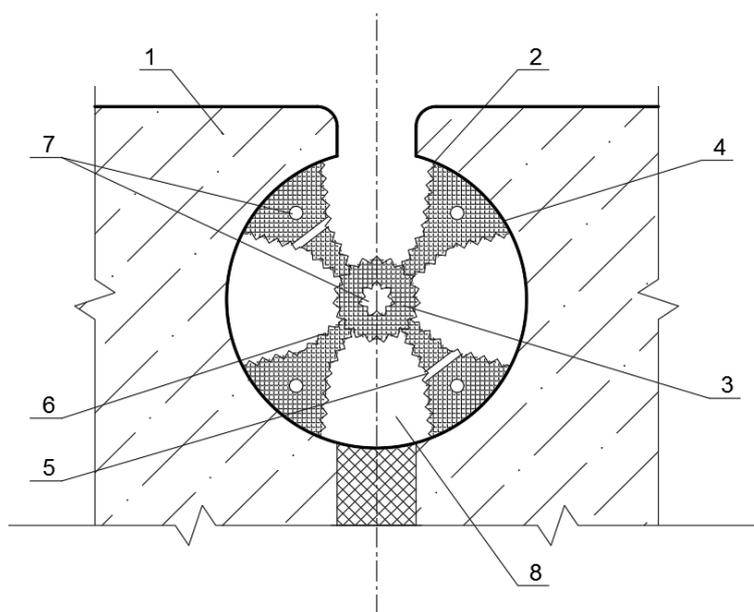
Наибольшее распространение в нашем регионе получили открытые стыки с водоотбойными элементами (серии П 4.9 Д, 119). Однако при этом стык имеет сложную конфигурацию устья, что приводит к его повреждению при распалубке панелей, их транспортировке и монтаже. В результате возникает необходимость в ремонте кромок панелей, что удорожает строительство, а качество герметизации ухудшается. Внедрение данного варианта устройства стыков в производственных, сельскохозяйст-

венных, складских зданиях также не позволит добиться надежной водозащиты в них.

Применение открытых стыков с несложной конфигурацией устья и использование водоотбойных элементов приводит к упрощению их устройства, не ухудшая при этом эксплуатационных качеств. Именно такими преимуществами обладает конструкция открытого стыка [2], включающая установленную в продольные пазы эластичную профилированную прокладку крестообразной формы с утолщенными на концах крыльями периодического сечения (рис. 1).

При воздействии на стык косого дождя с ветром возникает разность давлений воздуха снаружи и внутри стыка, однако наличие в крыльях прокладки отверстий способствует его выравниванию. Это исключает подсос дождевой воды. В случае просачивания незначительной части воды в заднюю камеру из-за отсутствия перепада давления она стекает по продольным гофрам.

Однако, несмотря на ряд положительных свойств данной конструкции, ей присущи и недостатки, обусловленные сложностью изготовления прокладок. Последние получают методом экструзии, причем совместить процесс их производства с перфорацией трудно, так как крылья размещены в двух плоскостях.



1 — наружные стеновые панели; 2 — продольные пазы; 3 — эластичная профильная прокладка;
4 — крылья; 5 — отверстия; 6 — продольные гофры; 7 — продольные каналы;
8 — декомпрессионные камеры

Рисунок 1 Герметизация вертикального стыка наружных стеновых панелей при помощи прокладки крестообразной формы

В результате исследований свойств уплотнительных экструзионных прокладок разнообразных профилей, проведенных КиевЗНИИЭП, выявлено, что окончательные их размеры после обработки в ванне с горячим глицерином увеличиваются почти на 60 % по сравнению с начальными (при выходе из головки пресса). Причем увеличение размеров в зависимости от количества резиновой массы в различных сечениях было неодинаковым. Следовательно, прокладки крестообразной формы с многочисленными продольными гофрами и продольными каналами изготовить технически сложно, и задача эта трудноосуществима.

Кроме того, профилированную прокладку можно установить в стык лишь в том случае, если диаметр паза менее расстояния между крыльями, что требует строгого соблюдения всех допусков при монтаже.

Поэтому сегодня является актуальной задачей разработка конструкции открытого стыка, которая позволит устранить ряд недостатков, присущих стыку, герметизи-

руемому крестообразной профилированной прокладкой.

Целью работы является разработка конструкции открытого стыка применительно к производственным, сельскохозяйственным, складским панельным зданиям и проверка его технологической надежности.

Цель достигалась решением следующих **задач**:

- анализ существующих вариантов устройства открытых стыков;
- разработка технологии производства работ по устройству стыка наружных стеновых панелей, герметизируемому при помощи упругой ленты;
- разработка методики определения давления упругой прокладки на стенки канала.

Объект исследования — здания панельного типа производственного, сельскохозяйственного и складского назначения.

Предмет исследований — открытые стыки панельных зданий.

Методика исследований — анализ литературных и нормативных источников;

физическое моделирование стыка наружных стеновых панелей, герметизируемого при помощи упругой ленты; аналитическое исследование давления упругими прокладками из стеклотекстолита на стенки канала стыка.

Разработанная конструкция открытого стыка приведена на рисунке 2. Данная конструкция позволяет устранить ряд недостатков, присущих стыку, герметизируемому крестообразной профилированной прокладкой. После окончания монтажа наружных стеновых панелей с навесной люльки в вертикальный шов заводится с помощью лопатки эластичная лента. Устанавливают ее сверху вниз по всей длине стыка. Образующаяся при этом прокладка прижимается к поверхности стыкуемых панелей благодаря упругим свойствам материала, из которого сделана лента, и принимает форму паза.

Ширина ленты превышает длину окружности паза на 42...43 мм, что соответствует величине допустимого отклонения ширины вертикальных стыков (2...3 мм),

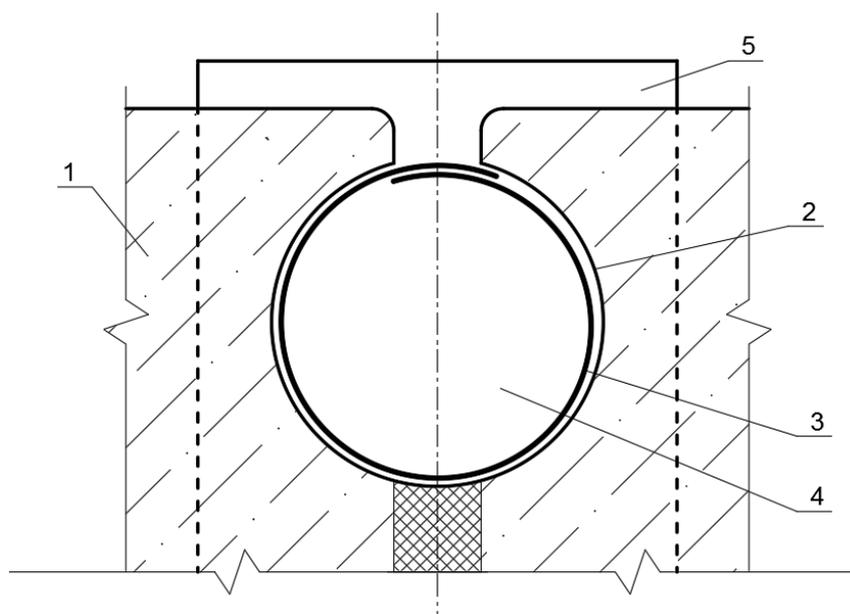
двум отклонениям линейных размеров стеновых панелей (20 мм) [3] и нахлесту ленты, равному, например, 20 мм. В результате на поверхности прокладки, имеющей выход наружу стыка, образуется нахлест даже при ширине паза более допустимой.

Расположенный в цокольной части здания слив способствует выравниванию давления снаружи и внутри стыка, что предотвращает всасывание воды в месте нахлеста ленты при действии косога дождя с ветром.

В случае просачивания небольшого количества воды в декомпрессионную камеру будет происходить ее сток по внутренней поверхности прокладки через слив.

Работоспособность предложенного нами способа герметизации стыков проверена на моделях.

При этом установлено, что вода в декомпрессионную камеру не проникает, следовательно, исключается замерзание ее в цокольной части и разрушение конструкции стыка.



1 — наружные стеновые панели; 2 — продольные пазы; 3 — эластичная лента;
4 — декомпрессионный канал; 5 — слив

Рисунок 2 Герметизация вертикального стыка наружных стеновых панелей при помощи упругой ленты

Заводка ленты в проектное положение не представляет сложности. Трудоемкость при этом ниже, чем при установке прокладочных герметиков.

Лента для прокладки легко изготавливается методом экструзии, так как толщина ее постоянна. Наличие запаса по ширине дает возможность загерметизировать даже при увеличении ширины зазора между стыкуемыми панелями.

Для определения давления, оказываемого упругой прокладкой на стенки канала, образующего паз, нами получена зависимость между радиусом наружной поверхности прокладки и деформативностью. Принимаем максимальную деформацию вертикальных стыков $\xi = 2$ мм.

В этом случае увеличение радиуса наружной поверхности выразится зависимостью

$$U = \xi. \quad (1)$$

Такая связь величин обусловлена тем, что увеличение радиуса прокладки может возникнуть только за счет деформаций наружных стеновых панелей, т. е. при увеличении диаметра канала, в который она устанавливается.

Давление на стенки канала создастся благодаря упругим свойствам материала, зависящим от модуля упругости.

Увеличение радиуса наружной поверхности при деформациях стыков определим, воспользовавшись выкладками задачи Ламе [4]:

$$U = \frac{pr_1}{c}, \quad (2)$$

где p — давление, оказываемое прокладкой на стенки канала;

r_1 — наружный радиус цилиндрической прокладки;

c — коэффициент жесткости, определяемый формулой

$$c = E \left(r_1^2 - r_2^2 \right) / \left[r_1^2 + r_2^2 + \mu \left(r_1^2 - r_2^2 \right) \right], \quad (3)$$

где E — модуль упругости прокладки;

r_2 — внутренний радиус прокладки;

μ — коэффициент Пуассона.

Подставив в (2) выражение (3), получим

$$U = pr_1 \left[r_1^2 + r_2^2 + \mu \left(r_1^2 - r_2^2 \right) \right] / \left[E \left(r_1^2 - r_2^2 \right) \right]. \quad (4)$$

Модуль упругости прокладки шириной 10 мм определим, воспользовавшись формулой изгибной жесткости. В системе СИ

$$EI = 0,01\delta^3 E_m / \left[12 \left(1 - \mu^2 \right) \right], \quad (5)$$

где I — момент инерции сечения;

δ — толщина прокладки;

E_m — модуль упругости ленты, из которого изготовлена прокладка.

Для канала круглого сечения

$$I = \pi r_1^3 \delta. \quad (6)$$

Подставив (6) в (5), найдем модуль упругости прокладки:

$$E = 0,01\delta^2 E_m / \left[12 \left(1 - \mu^2 \right) \pi r_1^3 \right]. \quad (7)$$

Тогда выражение (4) с учетом (7) приобретает вид

$$U = \frac{12\pi r_1^4 p \left(1 - \mu^2 \right) \left[r_1^2 + r_2^2 + \mu \left(r_1^2 - r_2^2 \right) \right]}{0,01\delta^2 E_m \left(r_1^2 - r_2^2 \right)}. \quad (8)$$

Давление, оказываемое прокладкой на стенки канала, определим, подставив полученное выражение приращения радиуса прокладки в (1) и преобразовав его относительно p :

$$p = \frac{2 \cdot 10^{-5} \left(r_1^2 - r_2^2 \right) \delta^2 E_m}{12\pi r_1^4 \left(1 - \mu^2 \right) \left[r_1^2 + r_2^2 + \mu \left(r_1^2 - r_2^2 \right) \right]}. \quad (9)$$

По предложенной методике рассчитано давление, создаваемое прокладками из стеклотекстолита на разных наполнителях при толщинах ленты 1×10^{-3} м, 2×10^{-3} м, 3×10^{-3} м и радиусах паза 3×10^{-2} м, 5×10^{-2} м.

Рядом исследователей установлено, что материалы, изготовленные на наполнителях

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

из кремнийорганических фенолоформальдегидных смол, сохраняют свои свойства без изменений на протяжении 18...20 лет.

В таблице 1 приведены расчетные давления на стенки канала стыкуемых панелей, создаваемые упругой лентой, изготовленной из стеклотекстолита с различными наполнителями.

Как видно из таблицы, максимальное давление на стенки канала создается прокладками, изготовленными из стеклотек-

столита на наполнителях из эпоксидной, фенолоформальдегидной и полиэфирной смол, причем упругие свойства этих материалов лучше реализуются при радиусе паза 3×10^{-2} м.

Суммарный распор по длине стыка достаточен для удержания прокладки от сползания под собственным весом. Следовательно, при установке в стык упругой ленты проявляются квазиадгезионные свойства между прокладкой и каналом паза.

Таблица 1

Результаты расчета давления, оказываемого упругой прокладкой на стенки канала

Материал упругой ленты	Радиус паза, м	Толщина ленты, м	Давление прокладки на единицу площади, Н/м ² (Па)
Стеклотекстолит на наполнителе из фенолоформальдегидной смолы ($E_m = 245,25 \cdot 10^8$ Н/м ² , $\mu = 0,17$)	3×10^{-2}	1×10^{-3}	557,40
	3×10^{-2}	2×10^{-3}	4504,60
	3×10^{-2}	3×10^{-3}	15354,70
	5×10^{-2}	1×10^{-3}	43,20
	5×10^{-2}	2×10^{-3}	347,50
	5×10^{-2}	3×10^{-3}	1180,00
Стеклотекстолит на наполнителе из эпоксидной смолы ($E_m = 313,92 \cdot 10^8$ Н/м ² , $\mu = 0,22$)	3×10^{-2}	1×10^{-3}	725,94
	3×10^{-2}	2×10^{-3}	5944,86
	3×10^{-2}	3×10^{-3}	20306,70
	5×10^{-2}	1×10^{-3}	68,67
	5×10^{-2}	2×10^{-3}	490,50
	5×10^{-2}	3×10^{-3}	1167,70
Стеклотекстолит на наполнителе из полиэфирной смолы ($E_m = 245,25 \cdot 10^8$ Н/м ² , $\mu = 0,2$)	3×10^{-2}	1×10^{-3}	490,50
	3×10^{-2}	2×10^{-3}	4022,10
	3×10^{-2}	3×10^{-3}	15794,10
	5×10^{-2}	1×10^{-3}	39,24
	5×10^{-2}	2×10^{-3}	353,16
	5×10^{-2}	3×10^{-3}	1196,82
Стеклотекстолит на наполнителе из кремнийорганической смолы ($E_m = 176,58 \cdot 10^8$ Н/м ² , $\mu = 0,1$)	3×10^{-2}	1×10^{-3}	392,40
	3×10^{-2}	2×10^{-3}	3139,20
	3×10^{-2}	3×10^{-3}	10791,00
	5×10^{-2}	1×10^{-3}	29,43
	5×10^{-2}	2×10^{-3}	245,25
	5×10^{-2}	3×10^{-3}	784,80

Установлено, что при помощи упругой прокладки из ленты представляется возможным надежно загерметизировать стык.

С уменьшением диаметра паза и увеличением толщины ленты возрастает давление, создаваемое прокладкой на стенки канала.

Для прокладок предпочтительно использовать ленты с большими значениями модуля упругости.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку конструкции открытого стыка применительно к жилым панельным зданиям.

Библиографический список

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 [Текст]. — Введ. 2013-07-01. — М. : ООО «Аналитик», 2012. — 100 с.
2. А. с. 51407 СССР, Е 04 В 1/38. Открытый вертикальный стык наружных панелей [Текст] / И. С. Петров (СССР). — №1915213-33 ; заявл. 04.05.73 ; опубл. 15.05.76, Бюл. № 18. — 2 с.
3. СП 70.13330.2012. Свод правил. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 [Текст]. — Введ. 2012-12-25. — М. : Минрегион России, 2012. — 293 с.
4. Валишвили, Н. В. Сопротивление материалов и конструкций [Текст] : учебник для вузов / Н. В. Валишвили, С. С. Гаврюшин. — М. : Юрайт, 2019. — 429 с.

© Будзило Е. Е.

© Збицкая В. В.

*Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. СИА ЛГУ им. В. Даля Псюком В. В.,
к.т.н., доц., зав. каф. АДиСК ДонГТИ Бондарчуком В. В.*

Статья поступила в редакцию 20.04.2022.

PhD in Engineering Budzilo E. E., Zbitskaia V. V. (LSU named after V. Dahl, Lugansk, LPR, kilrilch@mail.ru)

ON THE ISSUE OF IMPROVING THE WATER PROTECTION INDICATORS OF OPEN JOINTS OF INDUSTRIAL, AGRICULTURAL, WAREHOUSE PANEL BUILDINGS

In this article, the analysis of the existing versions of open joint devices is carried out, a water protection option using an elastic stopwater as a sealing material is developed. Studies have proved that this version of the external joint device allows you to reliably seal the vertical joint between the panels of the building, and with a decrease of groove diameter and an increase of tape thickness, the pressure created by the stopwater on the channel walls increases.

Key words: *open joint design, water protection, sealing, elastic stopwater, joint mouth, panel building.*