



БИЙСКИЙ ЗАВОД  
СТЕКЛОПЛАСТИКОВ

ГИБКАЯ СВЯЗЬ СПА®  
Ø 5,5 мм



# РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ  
АРМАТУРЫ СПА® В КАЧЕСТВЕ ГИБКИХ СВЯЗЕЙ

ДЛЯ ТРЕХСЛОЙНЫХ  
КИРПИЧНЫХ СТЕН  
ПО СП 15.13330.2020

ГОСТ Р 54923-2012

2022

## СОДЕРЖАНИЕ

	<b>Лист</b>
Введение.....	3
1 Общие положения .....	4
2 Особенности проектирования трёхслойных стен .....	6
3 Методика расчета прочности трёхслойной стены.....	9
4 Характеристики стеклопластиковых связей.....	10
4.1 Деформационные характеристики СПА .....	10
4.2 Прочностные характеристики гибких связей .....	10
4.3 Коэффициенты условий работы .....	13
5 Пример расчета трехслойной стены с гибкими связями из СПА .....	16
Библиография .....	23

«Рекомендации ...» разработаны Обществом с ограниченной ответственностью «Бийский завод стеклопластиков» (ООО «БЗС») с учётом положений и требований СП 15.13330.2020 [1], СП 327 1325800.2017 [2], Технических свидетельств на стеклопластиковые гибкие связи, выданных ООО «БЗС» Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России).

В данных «Рекомендациях...» учтены все положения по проектированию трёхслойных кирпичных стен с гибкими стеклопластиковыми связями, разработанные в 1999 году специалистами Уральского НИИ архитектуры и строительства (ОАО «УралНИАСЦентр») [3] на основании комплексных исследований, результаты которых, в частности, изложены в научно-техническом отчёте [4-6].

В настоящую редакцию «Рекомендаций...», по сравнению с редакцией ОАО «УралНИАСЦентр» от 1999 года и последующих их редакций, внесены изменения и дополнения, основанные на результатах исследований, проведённых за период с 1999 по 2022 год. Результаты этих исследований изложены в научно-технических статьях, опубликованных в научно-технических журналах и сборниках докладов на научно-практических конференциях, а также, в научно-технических отчётах, выпущенных ООО «БЗС» [7] и испытательными центрами (лабораториями), проводившими испытания стеклопластиковых гибких связей, выпускаемых ООО «БЗС», и трёхслойных кирпичных стен с их применением. [8,9,26]. Также учтены изменения, обусловленные изменениями в нормативных документах и требованиями вновь разработанных нормативных документов [2].

Внесённые в Рекомендации изменения и дополнения касаются характеристик стеклопластика, выпускаемого Бийским заводом стеклопластиков, гибких связей из него и правил проектирования и возведения трёхслойных кирпичных (каменных) стен с данными гибкими связями.

**Данные «Рекомендации...» распространяются на проектирование трёхслойных кирпичных стен со стеклопластиковыми гибкими связями, выпускаемыми только Обществом с ограниченной ответственностью «Бийский завод стеклопластиков».**

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящие рекомендации распространяются на проектирование трехслойных каменных стен зданий и сооружений для гражданского, промышленного и сельскохозяйственного строительства, включающих несущий слой, облицовочный слой и слой жесткого утеплителя. Несущий и облицовочный слои соединены между собой гибкими связями из стеклопластиковой арматуры по ТУ 2296-001-20994511 [10].

Примечание – гибкие связи по ТУ 2296-001-20994511, соответствуют также всем требованиям ГОСТ Р 54923–2012 [21].

1.2 Стеклопластиковые гибкие связи, выпускаемые ООО «БЗС» для скрепления между собой слоёв трёхслойных кирпичных стен, выполнены в виде стержней мерной длины. Для закрепления (анкеровки) связей в швах кладочного раствора на обоих концах данных гибких связей выполнены цилиндро-конические анкерные уширения (см. рисунок 1.1).

Примечание – применение в конструкциях многослойных наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки гибких связей из композиционных материалов, в частности, стеклопластиковых, с анкерными уширениями, аналогичными анкерным уширениям гибких связей, выпускаемых ООО «БЗС», разрешено СП 327.1325800.2017 [2] (см. п.7.3, рисунок 7.2).



Рисунок 1.1 – Гибкая связь из стеклопластиковой арматуры (СПА) по ТУ 2296-001-20994511 (СПА типа 2 - «с двумя анкерными уширениями»)

1.3 При проектировании трехслойных каменных (кирпичных) стен с гибкими связями из стеклопластиковой арматуры, выпускаемой ООО «БЗС», следует руководствоваться общими требованиями нормативных документов: по проектированию каменных и армокаменных конструкций [1], в том числе трёхслойных стен [2]; по нагрузкам и воздействиям [11]; по тепловой защите зданий [12]; по строительной климатологии [13, 14]; по обеспечению надёжности и долговечности [15]; по пожарной безопасности [16], а также настоящими рекомендациями.

1.4 Многослойные стены с лицевым слоем из кирпичной кладки, в зависимости от способа передачи на них нагрузки, подразделяют:

- на несущие, воспринимающие нагрузку от собственного веса, веса перекрытий, балконов, лоджий, лестничных маршей и других прилегающих к ним конструкций и ветра;
- самонесущие, воспринимающие нагрузку только от собственного веса стены на всю высоту здания и ветра;
- ненесущие, воспринимающие нагрузку от собственного веса стены высотой, равной расстоянию между горизонтальными опорами, и ветра.

1.5 Расчет прочности трехслойных каменных стен с гибкими связями из стеклопластиковой арматуры, выпускаемой ООО «БЗС», следует вести с учетом прочностных и деформационных свойств стеклопластиковой арматуры, приведенных в технических условиях ТУ 2296-001-20994511. В данных ТУ определены и приведены нормативные и расчетные значения сопротивления арматуры, а также коэффициенты условий работы при различных видах механических и климатических воздействий.

1.6 Теплотехнический расчет трехслойных наружных стен должен включать весь комплекс вопросов, предусмотренный СП 50.13330.2012 [12], в том числе расчет их сопротивления теплопередаче, воздухо- и паропрооницанию.

1.7 Влажность теплоизоляционного слоя в процессе эксплуатации здания не должна превышать предельно допустимую влажность, установленную для теплоизоляционных изделий, из которых выполнен этот слой.

1.8 В рабочих чертежах на элементы трехслойных каменных стеновых конструкций с гибкими связями из стеклопластиковой арматуры должны быть указаны:

- а) вид кирпича, применяемого для кладки несущего и облицовочного слоёв, с указанием соответствующих ГОСТов и его проектной марки по прочности и морозостойкости;
- б) проектные марки растворов и вид вяжущего для кладки;
- в) классы и марки используемой в данной стеновой конструкции стальной арматуры, полосовой и фасонной стали;
- г) марка стеклопластиковой арматуры, используемой для гибких связей, с указанием технических условий;
- д) конструкция стен, система перевязки швов, вид и толщина утеплителя;
- е) для кладки, выполняемой при отрицательных температурах, – способ кладки и дополнительные мероприятия, обеспечивающие устойчивость зимней кладки в период ее возведения и последующей эксплуатации.

1.9 При производстве кладочных работ по устройству трехслойных каменных стен с гибкими связями из стеклопластиковой арматуры следует руководствоваться требованиями СП 50.13330.2012 [12] и СП 70.13330.2012 [17].

### **1.10 В настоящих Рекомендациях применены термины и определения в соответствии с [2], а также следующие термины с соответствующими определениями**

**1.10.1 Нормативные характеристики** физических свойств материалов: Значения физико-механических характеристик материалов, устанавливаемые в нормативных документах или технических условиях и контролируемые при их изготовлении, при строительстве и эксплуатации строительного объекта [15].

**1.10.2 Нормативное сопротивление материала  $R_n$**  - основной параметр сопротивления материала внешним воздействиям, устанавливаемый соответствующими нормативными документами. Физический смысл нормативного сопротивления – это контрольная или браковочная характеристика сопротивления материала с нормируемой обеспеченностью (для отраслей строительства не менее 0,95).

**1.10.3 Нормативный документ:** Документ, доступный широкому кругу потребителей (*стандарт, свод правил, технические условия и т.п.*) и устанавливающий правила, общие принципы и характеристики, касающиеся определенных видов деятельности [*например*] в области строительства и их результатов [15].

**1.10.4 Коэффициенты надежности:** Коэффициенты, учитывающие возможные неблагоприятные отклонения значений нагрузок, характеристик материалов и расчетной схемы строительного объекта от реальных условий его эксплуатации, а также уровень ответственности строительных объектов [15].

Вводится 4 типа коэффициентов надежности:

- коэффициенты надежности по нагрузке  $\gamma_f$ ;
- коэффициенты надежности по материалу  $\gamma_m$ ;
- коэффициенты условий работы  $\gamma_d$ ;
- коэффициенты надежности по ответственности сооружений  $\gamma_n$  [15].

**Коэффициент надежности по нагрузке** учитывает в условиях нормальной эксплуатации сооружения возможное отклонение нагрузки в неблагоприятную сторону от нормативного значения [11].

**Коэффициент надёжности по материалу** учитывает несоответствие фактической работы материала в конструкциях и его работы при испытании на образцах, а также возможность попадания в конструкции материала с характеристиками ниже установленных (нормативных).

**Коэффициенты условий работы** учитывают особенности работы рассчитываемого элемента конструкции, если эти особенности имеют систематический характер, но не отражаются в расчётах прямым путём (учёт температуры, влажности, агрессивности среды, приближённости расчётных схем и т.п.)

**1.10.5 Расчётная характеристика:** Значение механической характеристики, например сопротивления  $R$ , используемое в прочностных расчётах. Значение  $R$  определяют по формуле

$$R = R_n / \gamma_m.$$

Кроме того, расчётные сопротивления (характеристики) материалов для расчёта конструкции при конкретных условиях работы принимают (определяют) с учётом коэффициентов условий работы (см. 1.10.4).

## 2 ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРЕХСЛОЙНЫХ СТЕН

2.1 Как сказано в 1.1, стеклопластиковые гибкие связи, выпускаемые ООО «БЗС» по ТУ 2296-001-20994511 для скрепления между собой слоёв трёхслойных кирпичных стен, выполнены в виде стержней мерной (заданной проектом) длины ( $L_1$ ). Для закрепления (анкеровки) связей в швах кладочного раствора на обоих концах данных гибких связей выполнены цилиндрико-конические анкерные уширения (см. рисунок 2.1).

Номинальный диаметр рабочей части данных гибких связей  $d_1=5,5$  мм, расчётный диаметр, используемый при определении механических характеристик материала связи и в прочностных расчётах, принят равным 5,2 мм. Номинальный диаметр цилиндрической части анкерных уширений данных гибких связей  $d_2=7,75$  мм.

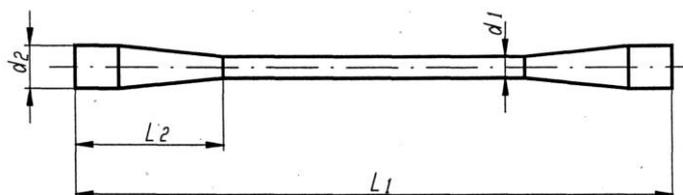


Рисунок 2.1 – Характерные размеры гибкой связи из стеклопластиковой арматуры по ТУ 2296-001-20994511

2.2 При проектировании трёхслойных стен с гибкими связями следует руководствоваться указаниями разделов 6, 7 и 9 СП 15.13330.2020 и разделов 5, 13, 16, 18, 19 СП 327.1325800.2017.

2.3 Многослойные стены должны отвечать требованиям безопасной эксплуатации, и удовлетворять следующим требованиям:

- теплозащиты и влажностного режима в соответствии с СП 50.13330.2012;
- прочности и устойчивости при ветровых нагрузках, температурно-влажностных воздействиях и в случаях перекоса, вызванного разными деформациями соседних несущих элементов каркаса и/или неравномерными осадками основания в соответствии с СП 15.13330.2020, СП 20.13330.2016, СП 327.1325800.2017;
- прочности и жесткости связей между слоями стен и связей, крепящих стены к несущим конструкциям здания;
- пожарной безопасности в соответствии с СП 112.13330.2011;
- конструктивным требованиям в соответствии с СП 15.13330.2020 и СП 327.1325800.2017.

2.4 Кирпич, камни и растворы для кладки облицовочного и внутреннего слоёв должны соответствовать требованиям раздела 5 СП 327.1325800.2017.

Марка кирпича и камня лицевого слоя должны приниматься не менее М100. В соответствии с требованием 16.4 СП 327.1325800.2017, прочность кладочного раствора при установке связей из композитных материалов должна соответствовать марке не ниже М100.

*Однако, исследования, проведённые Обществом с ограниченной ответственностью ООО «СтройДиагностика» [26], показали достаточную прочность закрепления в растворном шве стеклопластиковых гибких связей, выпускаемой ООО «БЗС», при применении кладочных растворов с маркой М75.*

*Также, в настоящее время на рынке строительных материалов производители предлагают для формирования лицевого слоя т.н. «облицовочный еврокирпич», см. например [23], отличающийся по размерам от кирпичей по ГОСТ 530 – 2012 [24] и ГОСТ 327-95[25] (см. рисунок 2.2).*

*Кроме того, возможно применение в кладках стен, в том числе в качестве лицевого слоя, крупноформатных поризованных керамических камней, например, типа Porotex (см. рисунок 2.3)*

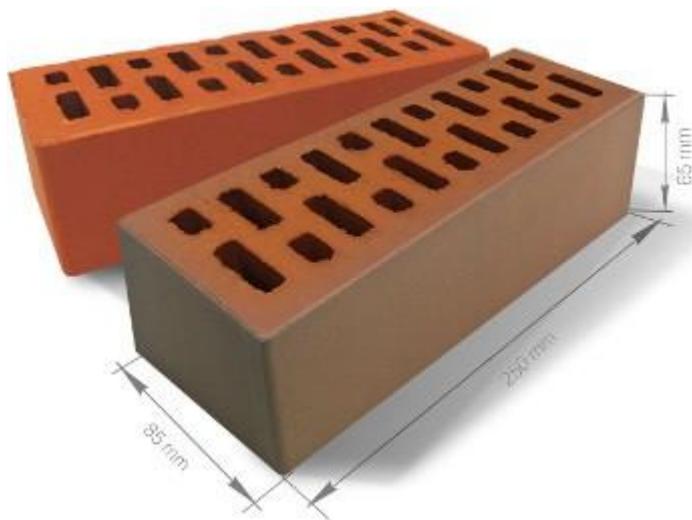


Рисунок 2.2 – Облицовочный еврокирпич



Рисунок 2.3 – Примеры исполнения крупноформатных поризованных керамических камней (в частности, типа Porotax)

**2.5 При кладке стеклопластиковые стержни, выполняющие функцию связей, необходимо укладывать в горизонтальные швы кладки перпендикулярно плоскости стены. Разница крайних вертикальных отметок концов уложенного стержня (связи) не должна превышать 5 мм.**

2.6 Стеклопластиковые связи следует закладывать в горизонтальные швы кладки на расстоянии друг от друга не более чем через 50 см по длине стены и не более чем через 50 см по ее высоте. Суммарная площадь рабочего сечения установленных в кладку стеклопластиковых гибких связей, выпускаемых ООО «БЗС», должна быть не менее  $1 \text{ см}^2$  на  $1 \text{ м}^2$  площади поверхности скрепляемой трёхслойной стены [3].

Примечание – В соответствии с требованием 16.2 СП 327.1325800.2017 одиночные гибкие связи из композитных материалов с анкерными уширениями следует устанавливать в шахматном порядке в количестве не менее 8 шт./ $\text{м}^2$ .

2.7 При кладке стеклопластиковые стержни-связи следует укладывать в горизонтальный шов на расстоянии не менее 60 мм от вертикальных швов кладки. Глубина заделки стеклопластиковых гибких связей в горизонтальном растворном шве облицовочного слоя 100 мм, в горизонтальном растворном шве несущего слоя – также, не менее 100 мм (СП 327.1325800.2017 раздел 16 п. 16.4).

Примечание – ООО «БЗС» рекомендует для выполнения требования 16.4 СП 327.1325800.2017 использовать для кладки лицевого слоя кирпич шириной 120 мм, соответствующий требованиям 13.4 СП 327.1325800.2017.

Исследования, проведённые Обществом с ограниченной ответственностью «СтройДиагностика» [26], показали возможность применения еврокирпичей для формирования лицевого слоя. **Рекомендуемая по результатам этих исследований глубина заделки стеклопластиковых гибких связей в горизонтальном растворном шве облицовочного слоя, сформированного из ев-**

рокирпичей с шириной 85 мм (размеры кирпичей 250x85x88 мм; 250x85x65) – 60 мм (не менее 53 мм), рекомендуемая (целесообразная) глубина заделки гибких стеклопластиковых связей в горизонтальном растворном шве несущего слоя – также, не менее 53 мм.

Также исследования, проведённые Обществом с ограниченной ответственностью ООО «СтройДиагностика» [26], показали, что при кладке стен, в том числе лицевого слоя, из крупноформатных поризованных керамических камней (типа Porotex) рекомендуемая глубина заделки стеклопластиковых гибких связей, выпускаемых ООО «БЗС», в горизонтальном растворном шве – 150 мм (не менее 143 мм).

2.8 В летних условиях работы кладку облицовочного и несущего слоев следует вести с использованием цементно-песчаного раствора, соответствующего указаниям СП 15.13330.2020 и СП 327.1325800.2017.

2.9 При возведении зданий и сооружений в зимнее время кладку следует вести на растворах с противоморозными химическими добавками, не вызывающими коррозии материалов кладки и стеклопластиковых связей и твердеющими при низких температурах без обогрева, в соответствии с указаниями СП 15.13330.2020 и СП 327.1325800.2017.

2.10 Для теплоизоляционного слоя трехслойных стен следует применять плиты из теплоизоляционных материалов, соответствующих требованиям СП 327.1325800.2017 (подраздел 5.5).

Теплоизоляционные плиты следует устанавливать в один или несколько слоев плотно друг к другу. При расположении теплоизоляционных плит в несколько слоев они должны быть уложены со смещением швов в смежных слоях, в соответствии с указаниями в проектной документации.

2.11 По требованиям пожарной безопасности наружные стены с лицевым слоем из кирпичной кладки, должны соответствовать СП 112.13330.2011 и СП 327.1325800.2017 (подраздел 4.5).

2.12 Для удовлетворения требованиям влажностного режима конструкцию трехслойных стен следует проектировать с воздушным вентилируемым зазором. Толщину вентилируемой прослойки и размеры сечения вентилирующих отверстий в облицовочном слое следует определять расчетом в соответствии с СП 50.13330.2012.

2.13 В Рекомендациях [3] указана рекомендуемая толщина вентилируемой прослойки «не менее 20 мм». Для стабильного обеспечения данной толщины вентилируемой прослойки ООО «БЗС» рекомендует применять разработанную и выпускаемую им (под индексом «А80») специальную шайбу. Общий вид шайбы А80 показан на рисунке 2.4.

2.14 Облицовочный и несущий слои стены должны опираться на единый фундамент. Для защиты слоёв стен от увлажнения опора на фундамент должна происходить через слой гидроизоляции. Гидроизоляцию следует выполнять по всей толщине стены.

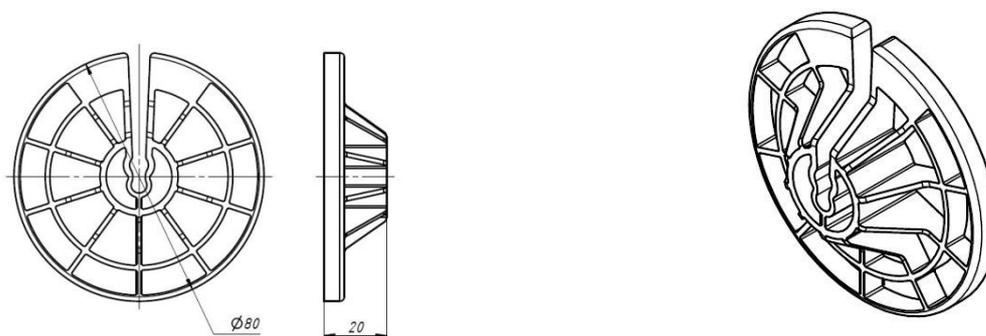


Рисунок 2.4 – Шайба А80

2.15 В ненесущих и несущих трёхслойных стенах с гибкими связями следует выполнять деформационные горизонтальные швы в соответствии с СП 327.1325800.2017 (см. разделы 18 и 19).

### 3 МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ТРЕХСЛОЙНОЙ СТЕНЫ

3.1 Расчет несущих трехслойных стен с соединением слоев гибкими связями при центральном и внецентренном сжатии (см. СП 327.1325800.2017 подраздел 9.2) следует выполнять по формулам (7.1) и (7.4) СП 15.13330.2020 только для внутреннего слоя, наружный слой проектируется ненесущим с опиранием на перекрытие и устройством горизонтального деформационного шва. Расстояния между горизонтальными деформационными швами принимают по разделу 19 СП 327.1325800.2017.

3.2 Для зданий с высотой не более двух этажей и высотой наружных несущих стен не более 7 м допускается не выполнять горизонтальные деформационные швы в лицевом слое кладки. При этом коэффициент продольного изгиба при расчете принимают по условной толщине  $h_{\text{усл}}$ , вычисляемой по формуле (см. 9.2.2 СП 327.1325800.2017)

$$h_{\text{усл}} = h_{\text{вн}} + 0,5 h_{\text{л.сл}}$$

где  $h_{\text{вн}}$  - толщина внутреннего слоя;

$h_{\text{л.сл}}$  - толщина лицевого слоя.

3.2 При расчете трехслойной стены с гибкими связями из стеклопластика необходимо проводить расчет на прочность анкерной стеклопластиковой связи в кладке, при этом следует учитывать возможность смятия раствора под анкерными уширениями связи, а также возможность вырыва (выдёргивания) связи из растворного слоя с образованием пирамиды вырыва. Поверхности пирамиды вырыва, равные толщине растворного слоя, будут наклонены на 45 градусов к плоскости стены, и будут начинаться в плоскости окончания анкерного уширения (утолщения) на стеклопластиковой арматуре (см. рисунок 4.1). Две другие поверхности, по которым происходит вырыв, возникают в плоскостях соприкосновения раствора с кирпичом. Расчетное сопротивление растяжению цементно-песчаного раствора может быть принято по таблице 6.8 СП 63.13330.2018 [18], как для тяжёлого мелкозернистого бетона класса прочности, соответствующего марке раствора.

3.3 При расчете на прочность трехслойных стен напряжения в стеклопластиковой арматуре, работающей в качестве связей, определяются по формулам сопротивления упругих материалов.

Стеклопластиковая арматура в расчётной схеме должна быть представлена в виде стержня, заземленного в двух параллельных слоях, один из которых – несущий слой стены, а другой – облицовочный слой, перемещающихся относительно друг друга в горизонтальном и вертикальном направлениях.

При перемещении слоёв в горизонтальном направлении в гибких связях возникают напряжения растяжения или сжатия (в зависимости от направления относительного перемещения слоёв).

При смещении (сдвиге) слоёв в вертикальном направлении в гибких связях возникает сложное напряжённо-деформированное состояние, рассчитываемое методами строительной механики. В терминах строительной механики такое нагружение классифицируется как «осадка опоры» [19, 20].

3.4 Суммарная величина относительного сдвига слоев определяется из условий сложных деформаций, которые претерпевает каменная стена, в том числе необходимо учитывать деформации усадки, ползучести, силовые и температурные деформации и т.п.

3.5 Вертикальные перемещения наружного и внутреннего слоев многослойной кладки, вызванные разностью температур в слоях (температурные деформации) рассчитывают в соответствии с Приложениями А и Б СП 327.1325800.2017.

3.6 Напряженно-деформированное состояние кладки лицевого слоя наружной стены с гибкими связями при температурно-влажностных воздействиях (в том числе напряжения в гибких связях) оценивают в соответствии с Приложением В СП 327.1325800.2017.

3.7 Напряженно-деформированное состояние кладки стен и усилия (напряжения) в гибких связях при действии ветровой нагрузки определяют в соответствии с Приложением Г СП 327.1325800.2017.

3.7 Величина суммарной деформации кладки, рассчитанной по 3.4, 3.5, 3.6 не должна превышать предельного значения деформации арматуры, указанного в ТУ 2296-001-20994511 [10].

3.8 Напряжения, возникающие в гибких связях в месте защемления, от относительного сдвига слоев стены, не должны превышать величины расчетного сопротивления срезу поперек слоев СПА, приведенного в ТУ 2296-001-20994511 [10], с учетом коэффициентов условий работы.

3.9 При определении прочности стеклопластиковой связи необходимо рассчитать величину наибольших действующих в ней напряжений (в упругой стадии работы стеклопластика) по формуле

$$\sigma = \pm N/A \pm M/W,$$

где  $\sigma$  – напряжение в стеклопластиковом стержне;

$N$  – растягивающая (сжимающая) сила от действия пассивного ветра (горизонтального взаимного смещения слоёв трёхслойной стены);

$A$  – площадь (расчётное значение) поперечного сечения стеклопластикового стержня в рабочей зоне;

$M$  – изгибающий момент, действующий на стеклопластиковый стержень;

$W$  – момент сопротивления поперечного сечения стеклопластикового стержня.

Величина рассчитанного напряжения не должна превышать значения предела прочности СПА - расчётного сопротивления, указанного в ТУ 2296-001-20994511 [10], с учетом коэффициентов условий работы, указанных в ТУ 2296-001-20994511 и разделе 4 настоящих Рекомендаций.

## 4 ХАРАКТЕРИСТИКИ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ СВЯЗЕЙ

### 4.1 Деформационные характеристики СПА

Характеристики СПА для расчета напряженно-деформированного состояния связей приведены в Таблице 4.1

Таблица 4.1

Наименование характеристики	Обозначение	Единица измерения	Расчетное значение
Модуль упругости при растяжении	$E_{cp}$	МПа	50000
Модуль ползучести при растяжении	$E_{cp}(t)$	МПа	40000
Модуль упругости при сжатии	$E_{cc}$	МПа	50000
Модуль ползучести при сжатии	$E_{cc}(t)$	МПа	40000
Относительное удлинение при максимальной нагрузке	$\epsilon_{pm}$	%	2,8
Коэффициент Пуассона	$\nu_{XZ} = \nu_{XY}$	безразмерный	0,27
Коэффициент линейного расширения	$\alpha_{ct} \cdot 10^5$	$K^{-1}$	0,60
Коэффициент теплопроводности	$\lambda_c$	Вт/(м·К)	0,55

### 4.2 Прочностные характеристики гибких связей

4.2.1 Характеристики прочности СПА, в соответствии с ТУ 2296-001-20994511 [10] (подтверждено ТС № 6268 – 21), приведены в Таблице 4.2

Таблица 4.2 – Механические характеристики СПА Ø 5,5 мм

Вид разрушающего воздействия	Браковочные минимумы средних экспериментальных значений сопротивлений $[R]_{ci}$	Нормативные усилия $F_{cin}$ или сопротивления $R_{cin}$ $R_{cin}=[R]_{ci}(1-\alpha \cdot c_v)$	Расчетные значения усилия $F_{ci}$ или сопротивления $R_{ci}$ $R_{ci}=R_{cin}/\gamma_m$
Растяжение	$[R]_{cp}=1000$ МПа (10195 кгс/см <sup>2</sup> )	$R_{cpn}=900$ МПа (9200 кгс/см <sup>2</sup> )	$R_{cp}=700$ МПа (7100 кгс/см <sup>2</sup> )
Изгиб	$[R]_{ci}=1305$ МПа (13325 кгс/см <sup>2</sup> )	$R_{cin}=1200$ МПа (12250 кгс/см <sup>2</sup> )	$R_{ci}=900$ МПа (9575 кгс/см <sup>2</sup> )
	$[R]_{ct}=36,0$ МПа (352,8 кгс/см <sup>2</sup> )	$R_{ctn}=33,0$ МПа (335 кгс/см <sup>2</sup> )	$R_{ct}=25,5$ МПа (260 кгс/см <sup>2</sup> )
Сжатие	$[R]_{cc}=1000$ МПа (3465 кгс/см <sup>2</sup> )	$R_{ccn}=900$ МПа (3240 кгс/см <sup>2</sup> )	$R_{cc}=245$ МПа (2490 кгс/см <sup>2</sup> )
Срез поперек волокон	$[R]_{cq}=165$ МПа (2190 кгс/см <sup>2</sup> )	$R_{cqn}=150$ МПа (1530 кгс/см <sup>2</sup> )	$R_{cq}=115$ МПа (1170 кгс/см <sup>2</sup> )

Примечания:  
 1 Общий индекс  $i$  объединяет частные индексы  $p, и, c, q, т$ ;  
 2 Характеристики приведены к расчетному диаметру СПА  $d_{1n} = (d_1 - 0,3)$  мм.  
 3 Значения  $R_{cp}$  получены при испытании образцов гибких связей из СПА ООО «БЗС» с анкерными уширениями по концам. В удалении от уширений прочность стержней по материалу имеет более высокие значения.  
 4  $\alpha=1,64$  - число, показатель надёжности, обеспечивающий доверительную вероятность 0,95.  
 5  $c_v=S_{ci}/X_{ci}$  – коэффициент вариации (изменчивости) прочностной характеристики СПА ( $S_{ci}$  – стандартное (средне-квадратичное) отклонение характеристики  $X_i$  от её среднего значения  $X_{ci}$ ).  
 6  $\gamma_m$  – коэффициент надёжности по материалу, для стеклопластика принят равным 1,3.

Расчётные геометрические характеристики поперечного сечения гибкой связи СПА5,5:

- площадь  $A = \frac{\pi \cdot d_{1n}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 5,2 \cdot 5,2}{4} = 21,23$  мм<sup>2</sup>

- момент сопротивления  $w = \frac{\pi \cdot d_{1n}^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 5,2 \cdot 5,2 \cdot 5,2}{32} = 13,80$  мм<sup>3</sup>

- момент инерции  $I = \frac{\pi \cdot d_{1n}^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 5,2 \cdot 5,2 \cdot 5,2 \cdot 5,2}{64} = 35,87$  мм<sup>4</sup>

#### 4.2.2 Расчетные характеристики сцепления гибкой связи (СПА 5,5) с каменной кладкой

Усилие при выдергивании связи из каменной кладки ( $F_{cp}$ ) определяется из уравнения (см. Рисунок 4.1)

$$F_{cp} = R_p \cdot S = R_p \cdot [(d_2 + B) \cdot h_s / 2 + 2 \cdot b \cdot h_s / \cos \alpha] = R_p \cdot [(2 \cdot d_2 + 2 \cdot h_s / \tan \alpha) \cdot h_s / 2 + 2 \cdot b \cdot h_s / \cos \alpha] \quad (4.1)$$

где  $R_p$  - расчетное сопротивление раствора растяжению – в соответствии 3.2,  $R_p$  принято равным расчётному сопротивлению на растяжение  $R_{bt}$  тяжёлого мелкозернистого бетона соответствующего марке раствора класса прочности.

В соответствии с таблицей 6.8 СП 63.13330.2018:

$$R_p = R_{bt} = 0,66 \text{ МПа (6,73 кгс/см}^2\text{) для раствора марки М100 (класс прочности В12,5);}$$

$$R_p = R_{bt} = 0,56 \text{ МПа (5,71 кгс/см}^2\text{) для раствора марки М75 (класс прочности В10);}$$

$S$  – площадь боковой поверхности пирамиды вырыва;

$h_s$  – высота пирамиды вырыва из заделки (анкеровки) гибкой связи в растворном шве;

$b$  – толщина растворного шва в кладке (расчётная толщина  $b=1$  см).

При угле конуса вырыва  $\alpha = 45^\circ$  ( $\cos \alpha = 0,707$ ;  $\tan \alpha = 1$ ), принимая длину цилиндрической части анкерного уширения гибкой связи из СПА  $h_c - h_s = 1,2$  см = const (см. рисунок 4.1), формула (4.1) примет вид

$$F_{cp} = R_{bt} \cdot S = R_{bt} \cdot [(d_2 + h_s) \cdot h_s + 2b \cdot h_s / 0,707] = R_{bt} \cdot [(d_2 + h_c - 1,2) \cdot (h_c - 1,2) + 2,83 \cdot (h_c - 1,2) \cdot b] = R_{bt} \cdot (h_c - 1,2) \cdot [(d_2 + h_c - 1,2) + 2,83 \cdot b] \text{ кгс}, \quad (4.2)$$

где  $h_c$  – номинальное значение глубины заложения гибкой связи в растворный шов кирпичной кладки (см. рисунок 4.1) – «глубина анкеровки», см;

$d_2$  – номинальное значение диаметра цилиндрической части анкерного уширения гибкой связи, см (для СПА с номинальным диаметром  $d_1 = 5,5$  мм диаметр  $d_2 = 7,75$  мм = 0,775 см).

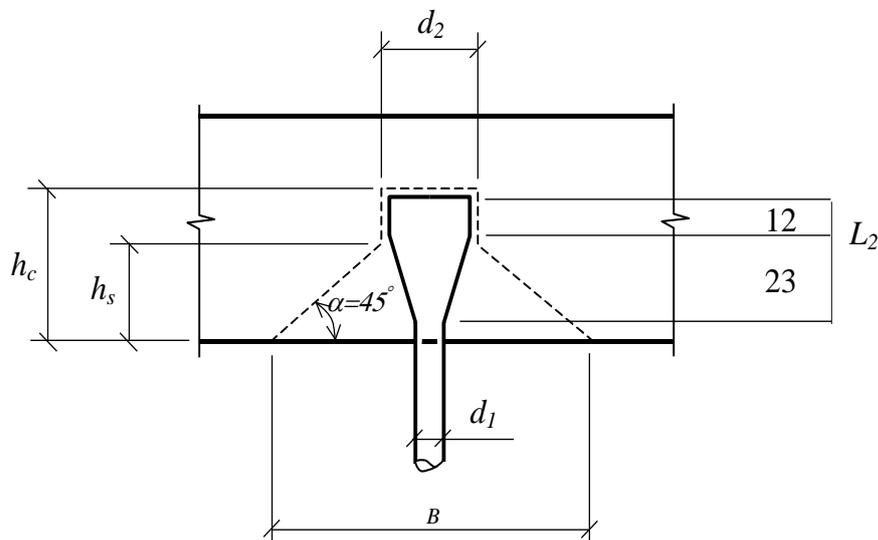


Рисунок 4.1 – Расчётная схема анкерного узла гибкой связи, выпускаемой ООО «БЗС», (СПА 5,5) при выдергивании из растворного шва каменной кладки

Таблица 4.3 – Расчетные характеристики сцепления СПА диаметром 5,5 мм с каменной кладкой (усилия при выдергивании СПА из каменной кладки, рассчитанные по уравнению (4.1))

Глубина анкерования связи, $h_c$ , мм	Расчётная площадь пирамиды вырыва, $S$ , см <sup>2</sup>	Расчетные значения усилия выдергивания, кН (кгс)	
		раствор марки М100 $R_p = 0,66$ МПа (6,73 кгс/см <sup>2</sup> )	раствор марки М75 $R_p = 0,56$ МПа (5,71 кгс/см <sup>2</sup> )
40	17,934	1,18 (121)	1,00 (102)
50	28,139	1,86 (189)	1,58 (161)
60	40,344	2,66 (272)	2,26 (230)
70	54,549	3,60 (367)	3,05 (311)
80	70,754	4,67 (476)	3,96 (404)
90	88,959	5,87 (599)	4,98 (508)
100	109,164	7,20 (735)	6,11 (623)
110	131,369	8,67 (884)	7,35 (750)
120	155,574	10,27 (1047)	8,71 (888)
130	181,779	11,99 (1223)	10,18 (1038)
140	209,984	13,86 (1413)	11,76 (1199)
150	240,189	15,85 (1616)	13,45 (1371)

Таблица 4.4 – Характеристики сцепления гибких стеклопластиковых связей, выпускаемых ООО «БЗС» с каменной кладкой из нестандартных штучных материалов (по результатам испытаний, проведённых ООО «СтройДиагностика» [26])

Характеристика	Значение характеристики			
	кирпич Евро (ширина 85 мм)		камни Porotex (ширина 200 мм)	
	при разрушении	в конце зоны упругости	при разрушении	в конце зоны упругости
Ср. значение усилия выдёргивания, кН	4,733	4,040	12,331	11,357
Среднеквадратичное отклонение усилий выдёргивания, кН	1,282	1,196	1,228	0,633
К-т вариации	0,271	0,296	0,100	0,056
К-т Стьюдента	2,755 кол-во опытов 8		2,568 кол-во опытов 10	
Нормативное сопротивление выдёргиванию связи, кН	1,201	0,746	9,177	9,732
Условия закрепления гибкой связи	глубина анкеровки 60 мм раствор марки М 75 толщина растворного шва 10 мм		глубина анкеровки 150 мм раствор марки М 75 толщина растворного шва 10 мм	

### 4.3 Коэффициенты условий работы

#### 4.3.1 Коэффициенты условий работы СПА

4.3.1.1 Кратковременно действующие на гибкие связи факторы и коэффициенты условий работы СПА при воздействии каждого из факторов приведены в Таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Факторы и значения коэффициентов, учитывающих условия работы СПА

Учитываемые факторы	Коэффициенты условий работы стержней из СПА	
	условное обозначение	числовое значение
1 Нахождение СПА в нейтральной среде – в воде или над её поверхностью	$\gamma_{c1}$	0,95
2 Нахождение СПА в щелочной среде с $pH=12$ или в кислой среде при $pH=5$	$\gamma_{c2}$	0,94
3 Нахождение СПА без бетона (песчано-цементного кладочного раствора) или в бетоне (растворе) в условиях замораживания – оттаивания (морозостойкость по стандартной программе до 150 циклов)	$\gamma_{c4}$	0,94
4 Разрушение СПА при выдержке при напряжениях более 65...70 % от разрушающего усилия	$\gamma_{c5}$	0,65

#### 4.3.1.2 Коэффициент условий работы $\gamma_{c6}$

$\gamma_{c6}$  - коэффициент старения, учитывающий влияние длительного воздействия на стеклопластиковую арматуру среды строительного раствора.

Значение коэффициента  $\gamma_{c6}$  для срока эксплуатации 100 лет равно 0,76.

#### 4.3.1.3 Коэффициент условий работы $\gamma_{c7}$

$\gamma_{c7}$  - коэффициент долговременной прочности, учитывающий влияние длительного воздействия на СПА постоянных нагрузок (растягивающего напряжения) и температуры эксплуатации.

Значения коэффициента  $\gamma_7$  с учетом срока службы стержней в 100 лет равен 0,56

4.3.1.4 Надежность работы связей зависит от их количества.

Зависимость надежности работы связей от их количества, установленного в стене, учитывают коэффициентом надежности  $\gamma_{c8}$ .

Численные значения коэффициента надежности, в зависимости от их общего количества в стене, приведены в Таблице 4.6

Таблица 4.6 – Численные значения коэффициента надежности  $\gamma_{c8}$

Количество учитываемых связей	Значение коэффициента условий работы $\gamma_{c8}$
1	1,00
4	1,07
6	1,07
8	1,09
10	1,10
12	1,10
16	1,11
20	1,11
24	1,11
30	1,12

### 4.3.3 Коэффициенты условий работы узла сцепления СПА с каменной кладкой

Действующие на узел сцепления СПА с кладочным раствором факторы и коэффициенты условий работы узла сцепления СПА с кладочным раствором приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7

Учитываемые факторы	Коэффициенты условий работы бетона	
	условное обозначение	числовое значение
1. Длительность действия нагрузки	$\gamma_{cb2}$	0,90
2. Попеременное замораживание и оттаивание в условиях эпизодического водонасыщения при расчетной зимней температуре наружного воздуха: минус 40 °С и выше ниже минус 40 °С	$\gamma_{cb6}$	1,00 0,90
3. Неравномерное распределение напряжений в каменной кладке в зоне анкеровки СПА (при совместном действии отрывающей силы $T_{cb}$ , изгибающего момента $M_{cb}$ и поперечной силы $Q_{cb}$ )	$\gamma_{cb13}$	0,75

### 4.4 Оценка прочности связей

4.4.1 Оценку прочности  $i$  – той связи проводят сравнением расчетных значений усилий или напряжений в сечениях связи « $i$ » с предельными допустимыми значениями усилий или сопротивлений, рассчитанных с учетом условий работы этого элемента. Например, для растянутой связи из СПА оценку ее прочности производят по формуле:

$$N_{cpi} \leq F_{cpi, \text{lim}} = \gamma_y \cdot F_{cpi}$$

или

$$\sigma_{cpi} \leq R_{cpi, \text{lim}} = \gamma_y \cdot R_{cpi},$$

где  $\gamma_y$  – обобщенный коэффициент условий работы, равный произведению отдельных учитываемых коэффициентов условий работы для рассчитываемого элемента;

$F_{срi}$ ,  $R_{срi}$  – расчетное значение несущей способности ( усилия или сопротивления) элемента  $i$ .

Формулы для расчета значений коэффициента  $\gamma_y$  приведены в таблице 4.8

Таблица 4.8 – Формулы для расчета значений коэффициента  $\gamma_y$

Стадия	Нагрузочные воздействия	Рассчитываемые элементы	Применение коэффициентов условий работы
Эксплуатация	Смещение слоев от всех факторов	СПА	$\gamma_y = \gamma_{c1} \cdot \gamma_{c4} \cdot \gamma_{c5} \cdot \gamma_{c6} \cdot \gamma_{c8}$
		Узлы анкеровки	$\gamma_y = \gamma_{c62} \cdot \gamma_{c66} \cdot \gamma_{c613}$
	Ветровая нагрузка	СПА	$\gamma_y = \gamma_{c1} \cdot \gamma_{c4} \cdot \gamma_{c5} \cdot \gamma_{c6} \cdot \gamma_{c8}$
		Узлы анкеровки	$\gamma_y = \gamma_{c62} \cdot \gamma_{c66} \cdot \gamma_{c613}$

## 5 ПРИМЕР РАСЧЕТА ТРЕХСЛОЙНОЙ СТЕНЫ С ГИБКИМИ СВЯЗЯМИ ИЗ СПА

### 5.1 Дано:

#### Основные расчетные данные:

- высота этажа – 2,8 м;
- высота здания от пола первого этажа до верхней отметки парапета – 12,2 м;
- расстояние между осями смежных проемов – 3 м;
- ширина простенка – 1,5 м;
- высота проема – 2,1 м;
- стены запроектированы из кирпича марки М100 и цементно-песчаного раствора марки М100;
- объемный вес кладки – 1800 кг/м<sup>3</sup>;
- стена трехслойная:
  - толщина внутреннего несущего слоя – 380 мм;
  - толщина облицовочного слоя – 120 мм;
  - средний утепляющий слой запроектирован из плитного пенополистирола толщиной 140 мм со средней плотностью 50 кг/м<sup>3</sup>;
- связь между облицовочным и несущим слоем осуществляется с помощью стеклопластиковой арматуры номинальным диаметром 5,5 мм;
- дом строится в 4-м ветровом районе, имеет прямоугольную форму в плане;
- расстояние между поперечными стенами 6 м;
- перекрытия выполнены из многослойных железобетонных плит.

### 5.2 Расчет

Расчёт следует проводить в соответствии с положениями разделов 7 и 9 СП 50.13330.2020, расчётные характеристики кладки следует принимать в соответствии с положениями раздела 6 СП 50.13330.2020, расчётные характеристики гибких связей – в соответствии с разделом 4 настоящих Рекомендаций.

#### Принимаем:

- постоянные расчетные нагрузки на перекрытие (р) равными 467 кг/м<sup>2</sup>;
- полезные расчетные нагрузки на перекрытия (q) равными 195 кг/м<sup>2</sup>;
- нагрузки на конструкции покрытия условно приняты равными нагрузкам на междуэтажные перекрытия.

#### Проверяем прочность простенка для летних условий кладки.

5.2.1 Нагрузка на несущий слой простенка первого этажа будет равна

$$P = 1800 * 1,1 * (12,2 - 0,6) * 0,38 * 3 + (476 + 195) * 4 * 3 * 3 + 0,14 * 50 * 1,2 * (12,2 - 0,6) * 3 * 0,38 / 0,5 = 50561 \text{ кг},$$

где 1800 – объемный вес кладки, кг/м<sup>3</sup>;

1,1; 1,2 – коэффициенты условий работы, безразмерные;

12,2 – высота здания от пола первого этажа до верхней отметки парапета, м;

0,6 – отметка расчетной точки по высоте, м;

0,38 – толщина несущего слоя простенка стены, м;

3 – расстояние между осями смежных проемов стены, м;

476 – постоянная расчетная (распределенная) нагрузка на перекрытие – (р), кгс/м<sup>2</sup>;

195 – полезная расчетная (распределенная) нагрузка на перекрытие – (q), кгс/м<sup>2</sup>;

4 – количество учитываемых перекрытий (покрытий), безразмерное;

3\*3 – учитываемая площадь перекрытия (покрытия) - (А<sub>у</sub>), м<sup>2</sup>;

0,14 – толщина слоя утеплителя, м;

50 – средняя плотность утеплителя, кг/м<sup>3</sup>;

0,38/0,5 – коэффициент распределения веса утеплителя, приходящегося на несущий слой.

5.2.2 Нагрузка на облицовочный слой простенка первого этажа будет равна

$$P = 1800 \cdot 1,1 \cdot (12,2 - 0,6) \cdot 0,12 \cdot 3 + 0,14 \cdot 50 \cdot 1,2 \cdot (12,2 - 0,6) \cdot 3 \cdot 0,12 / 0,5 = 8338 \text{ кг},$$

где 0,12 – толщина облицовочного слоя простенка стены;  
0,12/0,5 – коэффициент распределения веса утеплителя, приходящегося на облицовочный слой.

5.2.3 Расчет внецентренно сжатых неармированных элементов каменных конструкций следует производить по формуле (7.4) СП 15.13330.2020

$$N = \varphi_1 \cdot m_g \cdot R \cdot A_c \cdot \omega,$$

где  $A_c$  – площадь сжатой части сечения при прямоугольной эпюре напряжений (см. рисунок 7.2 СП 15.13330.2020), определяемая из условия, что ее центр тяжести совпадает с точкой приложения расчетной продольной силы  $N$ . Положение границы площади  $A_c$  определяется из условия равенства нулю статического момента этой площади относительно ее центра тяжести для прямоугольного сечения (по формуле 7.5 СП 15.13330.2020);

$\varphi_1$  – коэффициент продольного изгиба для всего сечения в плоскости действия изгибающего момента, определяемый по расчетной высоте элемента  $l_0$  (см. 7.2, 7.3 СП 15.13330.2020), по таблице 7.1 СП 15.13330.2020;

$m_g$  – коэффициент, учитывающий влияние прогиба сжатых элементов на их несущую способность при длительно действующей нагрузке (коэффициент  $m_g$ , определяют по формуле (7.7) СП 15.13330.2020);

$R$  – расчетные сопротивления слоя кладки сжатию, принимаемые по СП 15.13330.2020 (таблицы 6.1 – 6.11) с учетом коэффициентов, приведенных в примечаниях к этим таблицам, а также в п.п. 6.13 – 6.15 СП 15.13330.2020;

$\omega$  – табличный коэффициент, зависящий от видов материалов кладки и формы рассчитываемых элементов кладки (коэффициент, определяют по формулам, приведенным в таблице 7.2 СП 15.13330.2020)

$N$  – расчетная продольная (сжимающая) сила, приложенная к рассчитываемому элементу кладки.

#### Рассчитаем эксцентриситет расчетной силы относительно центра тяжести сечения

При опирании одного перекрытия весом  $(476+195) \cdot 3 \cdot 3 = 6039$  кгс на несущий слой на глубине 0,12 м момент от действия веса перекрытия будет равен

$$M = 6039 \cdot (0,38/2 - 0,12/2) = 785,07 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

Эксцентриситет действия силы будет равен

$$e = M/P = 785,07/50561 = 0,0155 \text{ м}$$

При дополнительном случайном эксцентриситете, равном 0,01 м, суммарный эксцентриситет будет равен

$$e = 0,0155 + 0,0100 = 0,0255 \text{ м}.$$

Площадь сжатой части сечения простенка определим по формуле (7.5) СП 15.13330.2020

$$A_c = 0,38 \cdot 1,50 \cdot (1 - 2 \cdot 0,0255 / 0,38) = 0,5316 \text{ м}^2,$$

где 1,5 – ширина простенка, м.

**Рассчитаем гибкость несущего слоя простенка для всего сечения и для сжатой части сечения**

$$\lambda = 2,10 / 0,38 = 5,526;$$

$$\lambda_c = 2,10 / h_c = 2,10 / 0,349 = 6,02,$$

где  $h_c = 0,38 - 2 \cdot 0,0155 = 0,349$  м.

Коэффициент продольного изгиба определим по таблице 7.1 (см. 7.2 СП 15.13330.2020)

$$\varphi_1 = 0,955.$$

Коэффициент  $\omega$  определяем по таблице 7.2 СП 15.13330.2020

$$\omega = 1,06 < 1,25.$$

Коэффициент  $m_g$  определяем по формуле (7.7) СП 15.13330.2020

$$m_g \approx 1.$$

Расчетное сопротивление кладки равно 1,8 МПа = 180000 кгс/м<sup>2</sup> (см. таблицу 6.1 СП 15.13330.2020).

При этих значениях

$$N = 180000 \cdot 1 \cdot 0,955 \cdot 0,5316 \cdot 1,06 = 95037 \text{ кгс} > P = 50561 \text{ кгс}$$

**Прочность несущего слоя простенка обеспечена.**

5.2.4 Рассчитываем облицовочный слой как внецентренно-сжатый по формуле (7.4) СП 15.13330.2020

$$N \leq \varphi_1 \cdot m_g \cdot R \cdot A_c \cdot \omega.$$

Принимаем эксцентриситет расчетной силы относительно центра тяжести сечения равным 1/200 высоты этажа, т.е. равным 0,014 м.

Площадь сжатой части сечения определим по формуле (7.5) СП 15.13330.2020

$$A_c = 0,12 \cdot 1,50 \cdot (1 - 2 \cdot 0,014 / 0,12) = 0,1380 \text{ м}^2.$$

Рассчитаем гибкость несущего слоя простенка для всего сечения и для сжатой части сечения

$$\lambda = 2,10 / 0,12 = 17,5;$$

$$\lambda_2 = 2,10 / 0,092 = 22,83,$$

где  $h_c = 0,12 - 2 \cdot 0,014 = 0,092$  м

Определим коэффициент продольного изгиба по таблице 7.1 (см. 7.2 СП 15.13330.2020)

$$\varphi = 0,66.$$

Коэффициент  $\omega$  определяем по таблице 7.2 СП 15.13330.2020

$$\omega = 1,156 < 1,25.$$

Коэффициент  $m_g$  определяем по формуле (7.7) СП 15.13330.2020

$$m_g \approx 1.$$

Расчетное сопротивление кладки  $R$  равно  $180000/2,5 = 72000$  кгс/м<sup>2</sup> (см. таблицу 6.1 СП 15.13330.2020).

Таким образом

$$N = 72000 \cdot 1 \cdot 0,66 \cdot 0,1380 \cdot 1,156 = 7581 \text{ кгс} < 8338 \text{ кгс}$$

**Условие прочности не выполняется. Необходимо увеличить расчетное сопротивление кладки.**

**Примем кирпич марки М150 на цементно-песчаном растворе марки М100.**

Тогда

$$R = 220000/2,5 = 88000 \text{ кгс/см}^2$$

$$N = 88000 \cdot 1 \cdot 0,66 \cdot 0,1380 \cdot 1,156 = 9265 \text{ кгс} > 8338 \text{ кгс}$$

**Прочность облицовочного слоя кладки при изготовлении ее из более прочных материалов обеспечена.**

5.2.5 Рассчитаем несущую способность стеклопластиковых связей.

5.2.5.1 Усилие  $P$ , при котором связь будет вырвана из кладки, определим следующим образом:

- площадь боковой поверхности усеченной пирамиды вырыва при рекомендованной глубине заложения связи  $h_c = 100$  мм, длине анкерного уширения (утолщенной части) связи  $L_2 = 35$  мм ( $h_s = 88$  мм = 8,8 см) и номинальной толщине растворного шва  $b = 10$  мм (см. рисунок 4.1) будет равна

$$S = (d_2 + B) \cdot h_s + 2 \cdot b \cdot h_s / \cos(\alpha)$$

$$S = (0,775 + 18,375) \cdot 8,8 + 2 \cdot 1,0 \cdot 8,8 / 0,707 = 168,52 + 24,89 = 193,41 \text{ см}^2$$

- расчётное сопротивление раствора марки М100 при осевом растяжении

$$R_p = 6,73 \text{ кгс/см}^2$$

*(В соответствии с 3.2 настоящих Рекомендаций расчетное сопротивление растяжению цементно-песчаного раствора может быть принято по таблице 6.8 СП 63.13330.2018 [18], как для тяжёлого мелкозернистого бетона класса прочности, соответствующего марке раствора. По СП 63.13330 (Таблица 6.8) для мелкозернистого бетона класса прочности на сжатие В12,5, соответствующего по прочности марке раствора М100, расчётное сопротивление при осевом растяжении  $R_{bt} = 0,66$  МПа (6,73 кгс/см<sup>2</sup>));*

Тогда усилие  $P$  будет равно

$$P = S \cdot R_p \cdot \gamma_y = S \cdot R_p \cdot \gamma_{c62} \cdot \gamma_{c66} \cdot \gamma_{c613}$$

$$P = 193,41 \cdot 6,73 \cdot 0,90 \cdot 0,90 \cdot 0,75 = 790,75 \text{ кгс.}$$

Ветровая нагрузка на 1 м<sup>2</sup> стены здания расположенного в четвертом (IV) ветровом районе (из расчёта по СП 20.13330.2016) будет равна 40,3 кгс, что меньше чем усилие вырыва, то есть **прочность в этом случае обеспечена.**

5.2.5.2 Определим величину смещения облицовочного слоя относительно несущего слоя в вертикальном направлении.

5.2.5.2.1 Случайную величину такого смещения примем равной  $\Delta L_{сл} = \pm 0,5$  см.

5.2.5.2.2 Вызванное нагрузками смещение слоев обусловлено только действием на несущий слой постоянной нагрузки от веса перекрытий (покрытий) и полезной нагрузки на них.

Действительно, удлинение (сокращение) слоя стены от собственного веса  $\Delta L = \gamma \cdot L^2 / (2 \cdot E)$ .

Поскольку  $\gamma$  (объемный вес),  $L$  (длина) и  $E$  (модуль упругости) для обоих слоев одинаковы, то и изменение длины от собственного веса для них одинаково.

Напряжения, возникающие в несущем слое от воздействия перекрытий, меняются дискретно от этажа к этажу. Аналогично изменяется и деформация стены.

Нагрузку, действующую от перекрытий на расчетный простенок несущего слоя  $i$  – того (при счете сверху вниз) этажа, определим по формуле

$$P_i = i \cdot (p+q) \cdot A_y.$$

Вертикальное перемещение верхней точки учитываемого простенка  $i$  – того этажа (с учетом ползучести) рассчитаем по формуле:

$$\Delta L_i = 2,2 \cdot P_i \cdot L_i / (E \cdot A_i),$$

где –  $L_i$  – высота простенка  $i$  – того этажа;

$E$  – модуль упругости кладки;

$A_i$  – площадь горизонтального сечения простенка  $i$  – того этажа;

2,2 – коэффициент, учитывающий ползучесть.

Суммарное относительное перемещение слоев в верхней точки здания составит

$$\Delta L_p = \sum \Delta L_i$$

Модуль упругости кладки

$$E = 1000 \cdot 2 \cdot 22 = 44000 \text{ кгс/см}^2.$$

Суммарное относительное перемещение слоев в верхней точки здания составит

$$\Delta L_p = 2,2 \cdot (24156 + 18117 + 12078 + 6039) \cdot 280 / (44000 \cdot 38 \cdot 300) = 0,074 \text{ см.}$$

5.2.5.2.3 Относительные деформации от разности температур будут равны

$$\Delta L_T = \alpha \cdot \Delta t \cdot \sum L_i = 0,000005 \cdot (-60) \cdot 1220 = - 0,366 \text{ см.}$$

Зимой температурные деформации компенсируют силовые деформации, поэтому в дальнейшем расчете их не учитываем.

5.2.5.2.4 При возможном деформировании облицовочного слоя от действия сжимающих сил и действия ветра как стойки, шарнирно закрепленной в уровне перекрытий, необходимо оценить возможность смещения концов стеклопластиковой арматуры относительно друг друга в результате изменения геометрической формы стены.

Величину радиуса прогиба несущего слоя простенка оценим по формуле

$$R = E \cdot I / M,$$

где  $E$  – модуль упругости кладки;

$I$  – момент инерции сечения простенка;

$M$  – изгибающий момент от эксцентриситета сжимающей нагрузки на несущий слой простенка.

$$R = 440000000 \cdot (0,38)^3 \cdot 1,5 / (12 \cdot 785,07) = 3844 \text{ м.}$$

Смещение слоев относительно друг друга в результате изменения геометрической формы стены определяем по формуле

$$e = \frac{\Delta}{\sqrt{1 + \frac{4 \cdot R^2}{H^2}}},$$

где  $e$  – величина смещения;

$\Delta$  – толщина утепляющего слоя;

$R$  – радиус кривизны стены;

$H$  – расстояние между перекрытиями.

Величина смещения концов арматуры от прогиба, вызванного эксцентриситетом осевой нагрузки на простенок, будет равна

$$e = \Delta L_{эц} = \frac{14}{\sqrt{1 + 4 \cdot 384400^2 / 280^2}} = +0,005099 \text{ см}$$

5.2.5.2.5 Прогиб стены от ветровой нагрузки оценим по формуле

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

$$f = \frac{5 \cdot 0,0040 \cdot 280^4 \cdot 12}{384 \cdot 44000 \cdot 38^3 \cdot 1,0} = 0,0016 \text{ см.}$$

При прогибе стены в горизонтальном направлении, равном 0,0016 см, радиус кривизны рассчитаем по формуле

$$R = \frac{H^2 + 4 \cdot f^2}{8 \cdot f},$$

где  $H$  – расстояние между перекрытиями;

$f$  – прогиб стены.

$$R = \frac{280^2 + 4 \cdot 0,0016^2}{8 \cdot 0,0016} = 6125000 \text{ см.}$$

Величина смещения концов арматуры от прогиба, вызванного действием ветровой нагрузки на простенок, будет равна

$$e = \Delta L_{вн} = \frac{14}{\sqrt{1 + 4 \cdot 6125000^2 / 280^2}} = +0,00032 \text{ см.}$$

5.2.5.3 Наибольшее смещение слоев относительно друг друга от случайных факторов, силовых воздействий и температуры будет равно

$$\Delta L_c = \Delta L_{сл} + \Delta L_p + \Delta L_{эц} + \Delta L_{вн} + \Delta L_T = -0,500 + 0,074 + 0,005099 + 0,00032 - 0,366 = -0,7837 \text{ см.}$$

5.2.5.4 При таком смещении слоев относительная изгибная деформация СПА составляет (см. [20], стр.389 - схема нагружения «осадка опоры»)

$$\varepsilon_u = \frac{3 \cdot d_{ip} \cdot \Delta L_c}{\Delta^2} = \frac{3 \cdot (0,55 - 0,03) \cdot 0,7837}{(14)^2} = 0,0062$$

5.2.5.5 Предельная допустимая деформации стержня при изгибе (при эксплуатации в условиях умеренного климата) составляет

$$\varepsilon_{lim} = \varepsilon_u \cdot \gamma_y = \varepsilon_u \cdot \gamma_{c1} \cdot \gamma_{c4} \cdot \gamma_{c5} \cdot \gamma_{c6}$$

$$\varepsilon_{lim} = 0,0381 \cdot 0,95 \cdot 0,94 \cdot 0,762 \cdot 0,65 = 0,0115.$$

### **Прочность связи по изгибу обеспечена**

5.2.5.6 Принимая модуль ползучести стеклопластиковых стержней равным 400000 кгс/см<sup>2</sup>, момент инерции поперечного сечения стержня 0,003066 см<sup>4</sup>, момент сопротивления поперечного сечения стержня 0,012266 см<sup>3</sup>, площадь поперечного сечения стержня 0,196 см<sup>2</sup> получаем:

- усилие среза в стержне

$$P_{cq} = 12 \cdot 400000 \cdot 0,0036066 \cdot 0,7837 / (14)^3 = 4,94 \text{ кг.}$$

Напряжение от срезающих сил будет равно

$$\sigma_{cp} = P_{cq} / A = 4,94 / 0,196 = 29,23 \text{ кгс/см}^2.$$

Эта величина должна быть меньше расчетного сопротивления срезу стеклопластикового стержня, равного:

$$R_{cq \text{ lim}} = R_{cq} \cdot \gamma_y = R_{cq} \cdot \gamma_{c1} \cdot \gamma_{c4} \cdot \gamma_{c5} \cdot \gamma_{c6}.$$

$$R_{cq \text{ lim}} = 155 \cdot 0,95 \cdot 0,94 \cdot 0,776 \cdot 0,65 = 69,8.$$

### **Прочность связи по срезу обеспечена**

## БИБЛИОГРАФИЯ

- 1 СП 15.13330.2020 (СНиП II-22-81\* Каменные и армокаменные конструкции).
- 2 СП 327 1325800.2017 Стены наружные с лицевым кирпичным слоем. Правила проектирования, эксплуатации и ремонта.
- 3 «Рекомендации по применению стеклопластиковой арматуры (СПА) в качестве гибких связей трехслойных каменных стен» ОАО «УралНИАСЦентр, Екатеринбург, 1999 г.
- 4 Подтверждение пригодности для применения в строительстве (в качестве гибких связей в трёхслойных железобетонных стеновых панелях и кирпичных стенах) стеклопластиковой арматуры ТУ 2296-001-20994511, изготавливаемой Бийским заводом стеклопластиков. Разработка рекомендаций по применению. Итоговый отчёт, книга 1, СГУПС – Новосибирск, 1999 – 115 с.
- 5 Подтверждение пригодности для применения в строительстве (в качестве гибких связей в трёхслойных железобетонных стеновых панелях и кирпичных стенах) стеклопластиковой арматуры ТУ 2296-001-20994511, изготавливаемой Бийским заводом стеклопластиков. Разработка рекомендаций по применению. Итоговый отчёт, книга 2, СГУПС – Новосибирск, 1999 – 196 с.
- 6 Подтверждение пригодности для применения в строительстве (в качестве гибких связей в трёхслойных железобетонных стеновых панелях и кирпичных стенах) стеклопластиковой арматуры ТУ 2296-001-20994511, изготавливаемой Бийским заводом стеклопластиков. Разработка рекомендаций по применению. Итоговый отчёт, книга 3, СГУПС – Новосибирск, 1999 – 102 с.
- 7 Сравнительная оценка характеристик гибких связей из полимерных композиционных материалов, предназначенных для применения в трехслойных стенах с высоким тепловым сопротивлением. Отчет о проведенных испытаниях./ООО «БЗС» – Бийск. 2006 – 101 с.
- 8 Техническое заключение по теме: «Экспериментальные исследования прочности и деформации узлов анкерки в кирпичную кладку гибких связей производства ООО «БЗС» (договор №186/5-3535-09/СК)/ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко – М., 2009 – 21 с.
- 9 Научно-технический отчет по теме: «Экспериментальные исследования деформаций и прочности кладки, армированной стекловолоконными стержнями производства Бийского завода стеклопластиков, при растяжении»/ ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко – М., 2011 – 41 с.
- 10 ТУ2296-001-20994511–2021 Арматура стеклопластиковая. Технические условия.
- 11 СП 20.13330.2016 («СНиП 2.01.07-85\* Нагрузки и воздействия»).
- 12 СП 50.13330.2012 («СНиП 23-02–2003 Тепловая защита зданий»).
- 13 СП 131.13330.2020 («СНиП 23-01-99 Строительная климатология»).
- 14 ГОСТ 16350-80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей.
- 15 ГОСТ 27751–2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.
- 16 СП 112.13330.2011 («СНиП 21-01-97\* Пожарная безопасность зданий и сооружений»).
- 17 СП 70.13330.2012 («СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции»).
- 18 СП 63.13330.2018 («СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции»).
- 19 СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА. Конспект лекций для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» / Государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет» - Могилёв, 2014 – 88 с. [http://cdo.bru.by/course/distan/PGS/stroitel'naja\\_mechanika\\_8semestr\\_pgdsz/Fail/lekcher.pdf](http://cdo.bru.by/course/distan/PGS/stroitel'naja_mechanika_8semestr_pgdsz/Fail/lekcher.pdf)
- 20 Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Расчетно-теоретический. В 2-х кн. Кн. 1. Под ред. А.А. Уманского. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М., Стройиздат, 1972. – 600 с.
- 21 ГОСТ Р 54923–2012 Связи гибкие композитные полимерные для многослойных ограждающих конструкций. технические условия.
- 22 Прочность и жесткость стеклопластиковой арматуры ТУ 2296-001-20994511 при изгибе по схеме “Осадка опоры”. Отчет по результатам испытаний по программе и методикам 2296-001-20994511-ПМ 1012. Бийск, 2003.
- 23 Облицовочный еврокирпич <https://st-par.ru/info/stati-o-kirpiche/oblicovochnyy-evrokirpich/>

24 ГОСТ 530–2012 Кирпич и камень керамические. Общие технические условия.

25 ГОСТ 379-95 Кирпич и камень силикатные. Технические условия.

26 Технический отчет «Испытания композитных гибких связей для многослойных ограждающих конструкций из керамических материалов, выпускаемых ОАО «Славянский кирпич» / ООО «СтройДиагностика», [www.stroydiagnostika.ru](http://www.stroydiagnostika.ru), E-mail: [stroydiagnostika@mail.ru](mailto:stroydiagnostika@mail.ru) – Краснодар, 2015 – 221 с.