



БИЙСКИЙ ЗАВОД
СТЕКЛОПЛАСТИКОВ

ГИБКАЯ СВЯЗЬ СПА®
Ø 7,5 мм

ГОСТ Р 54923-2012



РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ
АРМАТУРЫ СПА® В КАЧЕСТВЕ ГИБКИХ СВЯЗЕЙ

В КОНСТРУКЦИЯХ ТРЕХСЛОЙНЫХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПАНЕЛЕЙ
ПО ГОСТ 31310-2015

2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Общие положения	4
2 Общие требования к проектированию	8
3 Определение нагрузок, действующих на связи и анкерные узлы	11
4 Характеристики гибких связей на основе СПА	14
4.1 Деформационные характеристики СПА	14
4.2 Прочностные характеристики СПА	14
4.3 Расчетные характеристики анкерного узла	15
4.4 Коэффициенты условий работы	16
4.4.1 Коэффициенты условий работы СПА	16
4.3.2 Коэффициенты условий работы узла сцепления СПА с бетоном....	17
5 Оценка прочности элементов панели.....	18
6 Пример расчета на прочность элементов трёхслойной панели.....	20
7 Требования к процессу изготовления панелей	25
Библиография.....	27
Приложение А	29

«Рекомендации ...» разработаны Обществом с ограниченной ответственностью «Бийский завод стеклопластиков» (ООО «БЗС») с учётом положений и требований ГОСТ 31310 – 2015 [1], Изменения №1 ГОСТ 31310 – 2015 [2], Технических свидетельств на стеклопластиковые гибкие связи и трёхслойные панели, выданных Бийскому заводу стеклопластиков Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России)

В данных «Рекомендациях...» учтены все положения по проектированию трёхслойных стеновых панелей с гибкими стеклопластиковыми связями, разработанные в 1999 году специалистами Сибирского государственного университета путей сообщения (СГУПС) под руководством доктора технических наук, профессора В.П. Устинова, на основании комплексных исследований, результаты которых изложены в 3-х книгах научно-технического отчёта [3-5].

В настоящую редакцию «Рекомендаций...», по сравнению с редакцией СГУПС 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, а также, в научно-технических отчётах, выпущенных ООО «БЗС» и испытательными центрами (лабораториями), проводившими испытания стеклопластиковых гибких связей, выпускаемых ООО «БЗС», и панелей с их применением. [6-10]. Результаты данных исследований учтены в технических условиях (ТУ) на гибкие связи [11] и трёхслойные панели [12] и в «Технических оценках...» к выданным ООО БЗС (за этот период) Техническим свидетельствам, разрешающим применение стеклопластиковых гибких связей, выпускаемых ООО «БЗС», в конструкциях трёхслойных панелей.

Также учтены изменения, обусловленные изменениями в нормативных документах и требованиями вновь разработанных нормативных документов [30].

Внесённые изменения и дополнения касаются характеристик стеклопластика, выпускаемого Бийским заводом стеклопластиков, гибких связей из него, и характеристик трёхслойных панелей с данными гибкими связями

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

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящие "Рекомендации..." распространяются на правила применения гибких связей (далее по тексту – связи) из стеклопластиковой арматуры (далее – СПА), изготавливаемой по техническим условиям ТУ 2296-001-20994511 [11], при проектировании и изготовлении бетонных и железобетонных трехслойных стеновых панелей (далее по тексту – панели)

Примечание – применение гибких связей из композиционных материалов, в частности стеклопластиковых, выпускаемых ООО «БЗС», в конструкциях трёхслойных стеновых панелей в качестве подвесок, распорок и подкосов разрешено Изменением №1 [2] (введено в действие на территории РФ с 1 января 2022 г.).

Конструкция и фотографии применяемых при изготовлении панелей гибких связей (без технологических ограничителей и с технологическими ограничителями) приведены на Рисунках 1.1-1.3.

1.2 Рассматриваемые панели могут быть применены для возведения наружных и внутренних несущих, самонесущих и ненесущих стен жилых зданий с сухим, нормальным и влажным режимом помещений во всех климатических районах Российской Федерации.

При проектировании бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатируемых в условиях повышенной относительной влажности внутреннего воздуха помещений ($\varphi_{int} > 75\%$), должны быть соблюдены дополнительные требования соответствующих нормативных документов.

1.3 Панели могут быть применены в зданиях другого назначения, если условия их эксплуатации аналогичны условиям эксплуатации жилых домов. Имеются в виду конструкции зданий жилищно-гражданского, промышленного и сельскохозяйственного назначения, относящиеся к повышенному, нормальному и пониженному уровню ответственности.

1.5 Место соединения гибкой связи с бетонным массивом плиты (слоем панели) далее по тексту именуется **анкерным узлом**.

1.6 В Рекомендациях применены термины и определения в соответствии с ГОСТ 31310 [1,2], а также следующие термины с соответствующими определениями:

1.6.1 **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 [29].

1.6.2 **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).

1.6.3 **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 [29].

1.6.4 **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 [29].

Вводится 4 типа коэффициентов надежности: **коэффициенты надежности по нагрузке γ_f** , **коэффициенты надежности по материалу γ_m** , **коэффициенты условий работы γ_a** , **коэффициенты надежности по ответственности сооружений γ_n** [29].

Коэффициент надежности по нагрузке учитывает в условиях нормальной эксплуатации сооружения возможное отклонение нагрузки в неблагоприятную сторону от нормативного значения [19].

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.)

1.6.5 Расчётная характеристика R : значение механической характеристики, например сопротивления, 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. 1.6.4).

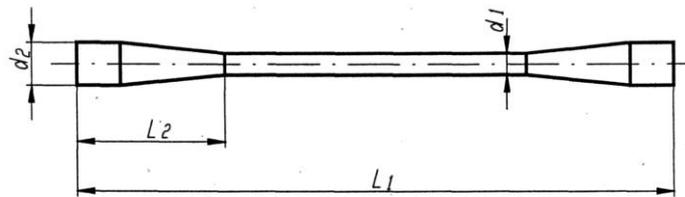


Рисунок 1.1 – Гибкая связь из стеклопластиковой арматуры СПА типа 2 «с двумя анкерными уширениями»

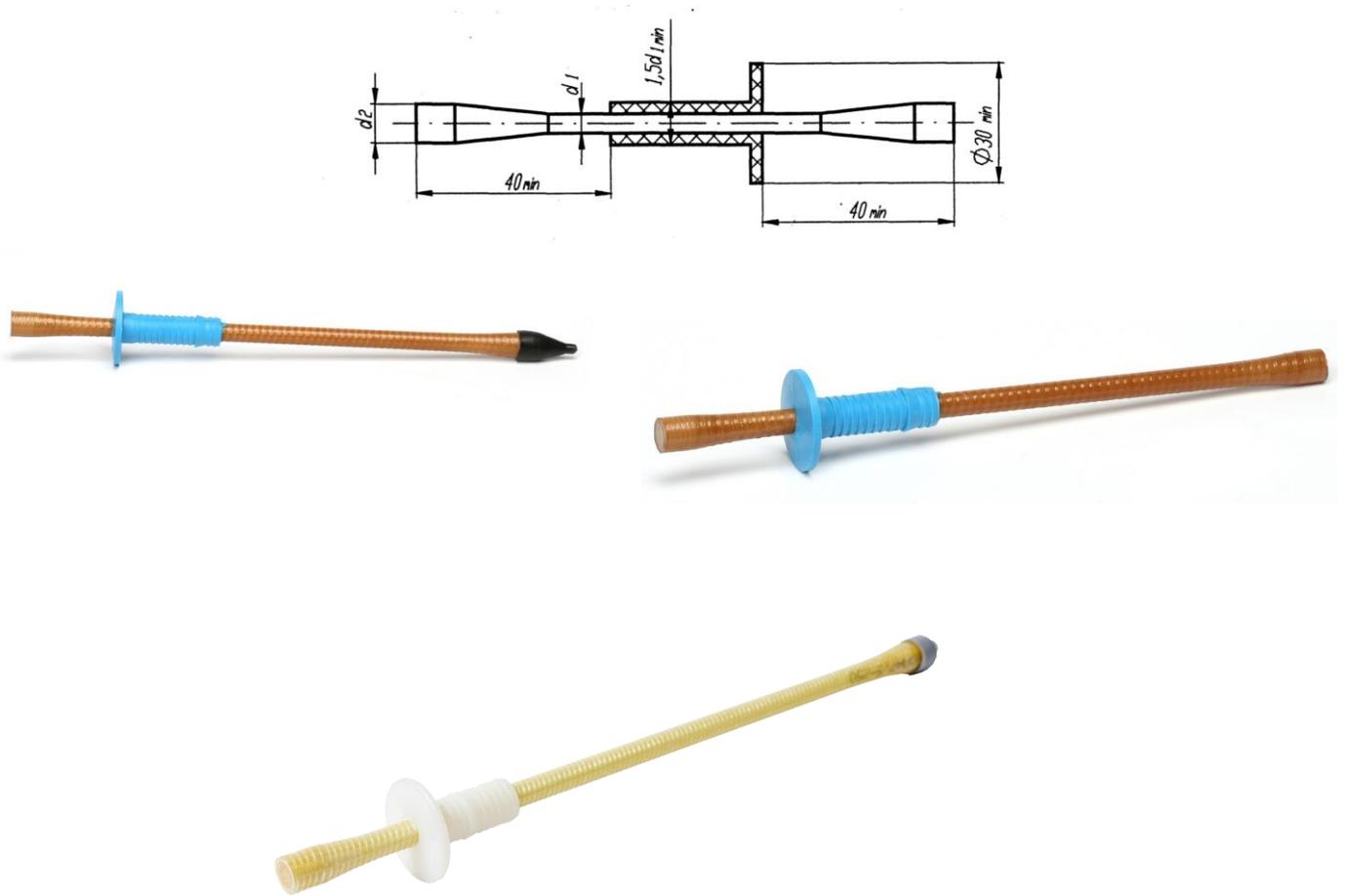


Рисунок 1.2 – Гибкая связь-распорка (из СПА типа 2 «с двумя анкерными уширениями») с технологическим ограничителем, в котором опорная шайба выполнена под углом 90° к продольной оси связи

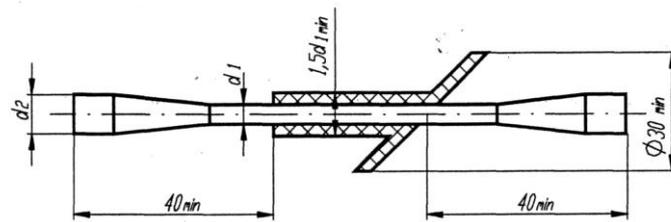


Рисунок 1.3 – Гибкая связь-подвеска или подкос (из СПА типа 2 «с двумя анкерными уширениями») с технологическим ограничителем, в котором опорная шайба выполнена под углом 45° к продольной оси связи

2 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ

2.1 Конструкции панелей должны соответствовать требованиям ГОСТ 31310 [1,2].

2.2 Трёхслойные панели с гибкими связями следует проектировать с учётом [1-5, 13-15, 19-22, 30], в том числе по требованиям к геометрическим размерам панелей, толщинам их слоёв, требованиям к параметрам и характеристикам применяемых материалов (бетонов, утеплителей и гибких связей), допускаемым отклонениям размеров и характеристик

2.3 Конструкция швов между панелями должна обеспечивать свободу перемещений наружной плиты панели при всех внешних нагрузках, в том числе и при температурных воздействиях. Для этого должны быть подобраны соответствующие герметизирующие материалы.

На всех стадиях проектирования необходимо проверить допустимость подсчитанных перемещений слоев панели для оконных блоков, закрепленных по контуру одновременно в наружной и внутренней плитах.

2.4 В зависимости от процента армирования внутренней (несущей) плиты, панели рассматривают как бетонные или железобетонные. Минимальный процент армирования сечений внутренних слоёв железобетонных панелей принимают из расчёта по СП 63.13330 [16].

Армирование наружной плиты панели должно соответствовать требованиям [1,16,17].

2.5 Для обеспечения надежной работы гибких связей при пожаре определены требования к толщинам бетонных слоев трехслойных панелей на гибких стеклопластиковых связях, которые приведены в Таблице 2.1.

Исходя из данных Таблицы 2.1, применяемые в зданиях I степени огнестойкости несущие трехслойные стеновые панели с гибкими связями из стеклопластиковой арматуры должны иметь толщину несущего слоя из тяжелого бетона (со стороны помещения) не менее 110 мм, а из легкого бетона (плотностью не выше 1300 кг/м^3) - не менее 100 мм.

Толщину наружного (облицовочного) бетонного слоя для этих трехслойных стеновых панелей следует принимать не менее 60 мм для тяжелого и легкого бетонов.

Рекомендации, приведенные в Таблице 2.1, даны из расчета, что глубина анкеровки связей в бетон равна 40 мм. При увеличении глубины анкеровки связей, для того чтобы удовлетворить требованиям по пожарной безопасности, необходимо, соответственно, увеличивать толщины слоев панели.

2.6 При возможности (технологической, экономической и т.п.) увеличить толщину слоев, её желательно увеличивать, при этом можно (рекомендуется), соответственно, увеличивать глубину заделки анкерных уширений арматуры в бетон, предусматривая при этом удовлетворение требованиям по пожарной безопасности, исходя из Таблицы 2.1.

Таблица 2.1

Вид конструкции	Степень огнестойкости здания	Наибольшая допустимая высота здания, м	Минимальный требуемый предел огнестойкости конструкции, ч	Минимальная толщина наружного бетонного слоя (с учетом требований ГОСТ 31310), см		Минимальная толщина внутреннего бетонного слоя (с учетом требований ГОСТ 31310), см	
				Тяжелый бетон	Легкий бетон	Тяжелый бетон	Легкий бетон
Наружная несущая стена	I	75	R 120	6	6	11	10
	II	50	R75	6	6	10	9
	III	28	R45	5	6	8	9
Наружная несущая стена	I	75	E30	6	6	8	8
	II	50	E15	6	6	7	7
	III	28	E15	5	6	6	7

2.7 По характеру работы гибкие связи, скрепляющие бетонные (железобетонные) слои-плиты трехслойной панели, условно делят на 4 группы (см. Рисунок 2.1):

- рядовые распорки (1), которые воспринимают поперечные силы при вертикальном сдвиге бетонных плит панели относительно друг друга, работают на осевые усилия от ветровой нагрузки и нагрузки при снятии панели с поддона, а также обеспечивают связь между плитами стеновой панели;

- растянутые наклонные связи-подвески (2), устанавливаемые под углом α к плоскости панели (обычно $\alpha=45^\circ$) и воспринимающие нагрузку G , равную векторной сумме нагрузок от веса наружной плиты панели G_1 и слоя теплоизоляции G_2 ;

- постоянно сжатые распорки (3), которые расположены у нижних концов подвесок (2), и воспринимают совместно с теплоизоляцией сжимающее усилие F_2 (см. Рисунок 3.1), являющееся горизонтальной проекцией (реакцией) растягивающего усилия S_3 в подвеске (2);

- подкосы (4), также устанавливаемые под углом к плоскости панели (рекомендуется тот же угол, что и для установки подвесок), которые придают панели необходимую жесткость и воспринимают технологические нагрузки.

2.8 Количество подвесок определяют расчетом. При этом необходимо иметь в виду, что при площади панели до 10 м^2 должно быть установлено не менее 4 подвесок, а при большей площади панели – не менее 6 подвесок. Поэтому, если по расчету получено меньшее потребное количество подвесок, чем рекомендуемое, то следует устанавливать рекомендуемое количество подвесок. Кроме того, для повышения надежности следует в каждой стеновой панели устанавливать на одну-две подвески больше, чем это требуется по расчету. Дополнительные подвески следует устанавливать в местах, где разрушение основной подвески приведет к наиболее неблагоприятному перераспределению нагрузок на остальные подвески.

2.9 Количество и место расположения распорок определяют на основании расчета панели на прочность с учетом технологического процесса изготовления панелей. При этом следует учитывать, что суммарная площадь рядовых распорок должна быть не менее $0,5 \text{ см}^2$ на 1 м^2 площади панели [13].

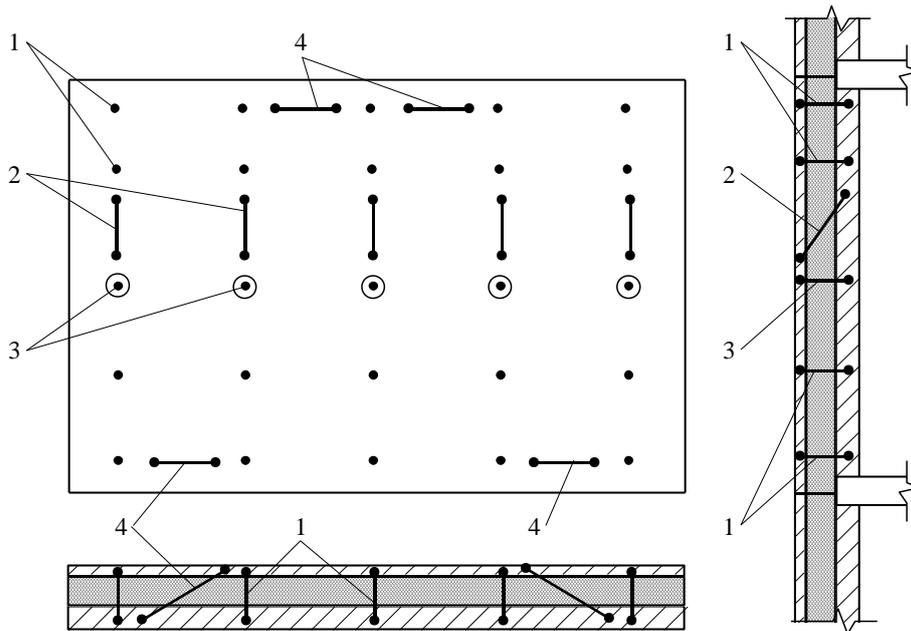


Рисунок 2.1 – Схема расположения гибких связей в стеновой панели

1 – рядовые распорки; 2 – подвески; 3 – постоянно сжатые распорки; 4 – подкосы.

2.10 Подкосы располагают сверху и внизу панели, симметрично относительно вертикальной оси.

2.11 Рекомендуется следующий порядок определения количества связей:

- рассчитывают нагрузки, действующие на панель заданных размеров;
- рассчитывают и задают количество требующихся подвесок;
- в эскизном расчете назначают количество постоянно сжатых распорок (на первом шаге расчёта их количество равно количеству подвесок). Затем проверяют достаточность их количества, исходя из прочности на сжатие от сжимающей нагрузки-реакции от нагрузки в подвеске;
- назначают предварительную схему размещения подвесок и сжатых распорок;
- рассчитывают количество рядовых распорок на площади панели, не занятой сжатыми распорками, при этом, исходя из рекомендации [13], что общая площадь рядовых распорок должна составлять не менее $0,5 \text{ см}^2$ на 1 м^2 площади панели, не занятой сжатыми распорками, получаем, что при расчётном диаметре стержня связи, равном 7,2 мм, их следует располагать с шагом между рядами не реже $0,8 \times 0,8 \text{ м}$ (Бийский завод стеклопластиков рекомендует шаг установки рядовых распорок $0,5 \times 0,5 \text{ м}$);
- с учетом принятой схемы расположения рядовых распорок и ветровой нагрузки уточняют количество требующихся постоянно сжатых распорок;
- с учетом нагрузок, возникающих при подъеме панели с поддона, уточняют общее количество требующихся распорок и, при необходимости, корректируют количество рядовых распорок;
- задают количество подкосов (обычно в панели устанавливают 4 подкоса).

Количество связей и места (схему) их размещения указывают в чертеже на панель.

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА СВЯЗИ И АНКЕРНЫЕ УЗЛЫ

3.1 При определении нагрузок, действующих на связи и анкерные узлы, необходимо руководствоваться ГОСТ 31310 [1], ГОСТ 27751[29], СП 63.13330 [16], СП 52-101[17], СП 20.13330 [19], СП 131.13330 [20]. При этом должны быть произведены расчеты на все виды нагрузок и воздействий с учетом особенностей работы панелей в системе здания:

- от собственного веса (на всех стадиях возведения и эксплуатации);
- ветровой нагрузки;
- температурного воздействия.

3.2 Порядок определения нагрузок должен соответствовать принятому типу панелей и последовательности проведения всех строительного-монтажных работ.

Для панелей, изготавливаемых в горизонтальном положении фасадной стороной вверх или вниз, должны быть рассмотрены отдельные расчетные схемы с учётом всех действующих на панели нагрузок на стадиях изготовления и подъема с поддона.

3.3 Расчетная схема

Для проектных расчетов трехслойной панели с гибкими связями, рекомендуется использовать упрощенную расчетную схему, приведенную на Рисунке 4.1 .

При проверочных и уточняющих расчетах рекомендуется использовать точные расчетные схемы с полной картиной расстановки связей в панели. Такие схемы целесообразно рассчитывать с применением ЭВМ, например, используя метод конечных элементов (МКЭ).

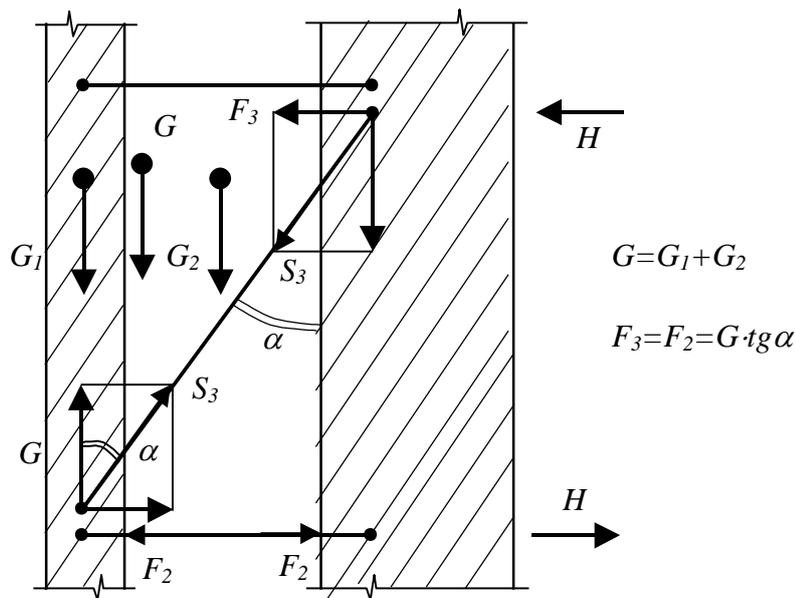


Рисунок 3.1 – Упрощенная расчётная схема для определения усилий в связях

Следует иметь в виду, что направление нагрузок G , G_1 и G_2 и реакций на разных рассчитываемых стадиях зависит от расположения панели относительно вертикали.

В практических расчетах подвесок делают допущение (в запас прочности), что сопротивление действующим нагрузкам со стороны рядовых распорок и теплоизоляции отсутствует. Тогда продольное растягивающее усилие в подвеске $S_3 = G / \cos \alpha$, а отрывающая горизонтальная сила в месте анкеровки подвески в бетон $F_3 = G \cdot \operatorname{tg} \alpha$. У нижнего конца подвески горизонтальная сжимающая реактивная сила $F_2 = - G \cdot \operatorname{tg} \alpha$ передается на ближайшую (вследствие этого постоянно сжатую) распорку.

3.4 Определение нагрузок, возникающих в связях и анкерных узлах на стадии подъема панелей с поддона

Для определения нагрузок на стадии подъема панелей с поддона следует принимать пространственную расчетную схему панели в виде двух горизонтальных железобетонных плит, соединенных между собой гибкими связями при заполнении пространства между плитами утеплителем.

Для этой стадии, кроме равномерно распределенных нагрузок от веса верхней плиты G_3 , утеплителя G_2 и нижней плиты G_1 , необходим учет реактивной нагрузки p от прилипания нижней плиты к поддону, интенсивность которой принимают равной 150 кгс/м^2 .

Интенсивность полной расчетной вертикальной нагрузки q для расчетов на прочность панели при подъеме ее с поддона определяют по формуле

$$q = \gamma_n (1 + \mu) \cdot k \cdot \left(\sum_{i=1}^{i=3} \gamma_{fgi} \cdot g_i + \gamma_{fp} \cdot p \right),$$

где $\gamma_n = 1,0 (0,80)$ – коэффициент надежности для зданий и сооружений нормального (пониженного), соответственно, уровня ответственности [29];

$1 + \mu = 1,40$ – коэффициент динамичности, учитываемый при расчете элементов конструкций на прочность при воздействии усилий, возникающих при их подъеме [16];

k – коэффициент, учитываемый для железобетонных слабоармированных элементов, в которых их несущая способность исчерпывается одновременно с образованием трещин в бетоне растянутой зоны [16];

$k = 1,15$ при расчете анкерных узлов по прочности [16];

$k = 1,00$ при расчете анкерных узлов по трещиностойкости и при расчете прочности СПА [16, 19, 29];

$\gamma_{fg1} = \gamma_{fg3} = 1,1$; $\gamma_{fg2} = 1,2$; $\gamma_{fp} = 1,3$ – коэффициенты надежности по нагрузке [16, 19, 29].

3.5 Определение нагрузок для стадии хранения

На стадии хранения нагрузки, возникающие в связях, следует подсчитывать с учетом конкретных условий опирания панелей на подкладки. Коэффициент $1 + \mu = 1,0$ [16].

3.6 Определение нагрузок для стадии транспортирования

На стадии транспортирования нагрузки, возникающие в связях, следует определять с учетом конкретных условий опирания. Коэффициент $1 + \mu = 1,6$ [16].

3.7 Определение нагрузок для стадии монтажа

На стадии монтажа нагрузки, возникающие в связях и анкерных узлах, следует определять с учетом условий строповки стеновой панели (для рассматриваемых трехслойных панелей с гибкими связями рекомендуется строповка за внутреннюю несущую плиту). Коэффициент динамичности

$1 + \mu = 1,40$ [16].

3.8 Определение нагрузок для стадии эксплуатации

Для стадии эксплуатации расчетная схема для наружной плиты и гибких связей такая же, как и при монтаже, но при $1 + \mu = 1,0$.

Для стадии эксплуатации, кроме постоянных нагрузок от собственного веса элементов панели, необходимо учитывать кратковременные нагрузки: ветровую и температурно-климатические воздействия. При их совместном учете коэффициент сочетания $\psi_2 = 0,9$, а при их учете порознь $\psi_2 = 1,0$ [19].

Нормативное значение ветрового давления w , приложенного к внешней поверхности стеновой панели, определяют по формуле:

$$w = w_0 \cdot k \cdot c_e,$$

где w_0 – нормативное значение ветрового давления, принимаемое в зависимости от ветрового района [19, 22];

k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте [19];

c_e – аэродинамический коэффициент.

Для внешнего давления ветра на стеновую панель $c_e = +0,8$, для отрицательного давления (отсоса) от стеновой панели $c_e = -0,6$, а для расчета креплений элементов ограждения к несущим конструкциям в углах здания на ширине 2,0 м $c_e = -2,0$ [19].

Расчетное значение ветрового давления следует определять с учетом коэффициента надежности $\gamma_{fw} = 1,4$ [19].

4 ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИБКИХ СВЯЗЕЙ НА ОСНОВЕ СПА

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	ϵ_{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	λ_c	Вт/(м·К)	0,55

4.2 Прочностные характеристики СПА

4.2.1 Характеристики прочности СПА, в соответствии с ТУ 2296-001-20994511 [11] (подтверждено ТС № 6268 – 21), приведены в Таблице 4.2

Таблица 4.2 – Механические характеристики СПА $\varnothing 7,5$ мм

Вид разрушающего воздействия	Браковочные минимумы средних экспериментальных значений усилий $[F]_{ci}$ или сопротивлений $[R]_{ci}$	Нормативные усилия F_{cin} или сопротивления R_{cin} $F_{cin} = [F]_{ci}(1 - \alpha \cdot c_v)$ $R_{cin} = [R]_{ci}(1 - \alpha \cdot c_v)$	Расчетные значения усилия F_{ci} или сопротивления R_{ci} $F_{ci} = F_{cin}/\gamma_m$ $R_{ci} = R_{cin}/\gamma_m$
Растяжение	$[F]_{cp} = 39,25$ кН (4000 кгс)	$F_{cpn} = 36,70$ кН (3740 кгс)	$F_{cp} = 28,25$ кН (2875 кгс)
	$[R]_{cp} = 1000$ МПа (10195 кгс/см ²)	$R_{cpn} = 900$ МПа (9200 кгс/см ²)	$R_{cp} = 700$ МПа (7100 кгс/см ²)
Изгиб	$[R]_{ci} = 1305$ МПа (13325 кгс/см ²)	$R_{cin} = 1200$ МПа (12250 кгс/см ²)	$R_{ci} = 900$ МПа (9575 кгс/см ²)
	$[R]_{ct} = 36,0$ МПа (352,8 кгс/см ²)	$R_{ctn} = 33,0$ МПа (335 кгс/см ²)	$R_{ct} = 25,5$ МПа (260 кгс/см ²)
Сжатие	$[R]_{cp} = 1000$ МПа (10195 кгс/см ²)	$R_{cpn} = 900$ МПа (9200 кгс/см ²)	$R_{cp} = 700$ МПа (7100 кгс/см ²)
Срез поперек волокон	$[R]_{cq} = 165$ МПа (1684 кгс/см ²)	$R_{cqn} = 150$ МПа (1530 кгс/см ²)	$R_{cq} = 115$ МПа (1170 кгс/см ²)

Примечания:

1 Общий индекс i объединяет частные индексы $p, и, c, q, \tau$;

2 Характеристики приведены к расчетному диаметру СПА $d_{in} = (d_1 - 0,3)$ мм.

3 Значения F_{cp} и 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 γ_m - коэффициент надёжности по материалу, для стеклопластика принят равным 1,3.

Расчётные геометрические характеристики поперечного сечения гибкой связи СПА 7,5:

- площадь $A = \frac{\pi \cdot d_{1n}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 7,2 \cdot 7,2}{4} = 40,72 \text{ мм}^2$

- момент сопротивления $W = \frac{\pi \cdot d_{1n}^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 7,2 \cdot 7,2 \cdot 7,2}{32} = 36,64 \text{ мм}^3$

- момент инерции $I = \frac{\pi \cdot d_{1n}^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 7,2 \cdot 7,2 \cdot 7,2 \cdot 7,2}{64} = 131,92 \text{ мм}^4$

4.3 Расчетные характеристики анкерного узла

Прочность сцепления СПА Ø 7,5 мм с бетоном, в соответствии с Отчётом [3-6], ТУ 2296-001-20994511 [16] (подтверждено ТС № 6268 – 21), приведена в Таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Расчетные характеристики узла сцепления СПА с бетоном (усилия при отрыве СПА из бетона)

Вид бетона	Класс бетона	Глубина анкеровки h_c , мм	Средние экспериментальные значения F_{cbm} , кН (кгс)	Нормативные значения $F_{cbn} = F_{cb,ser} = F_{cbn}(1 - \alpha \cdot c_v)$, кН (кгс)	Расчетные значения $F_{cb} = F_{cbn} / \gamma_{cbt}$, кН (кгс)
Тяжелый	В15	40	5,85 (595)	4,25 (435)	2,85 (290)
		60	8,90 (910)	6,50 (665)	4,35 (445)
		80	13,35 (1365)	9,75 (995)	6,50 (665)
	В20	40	7,00 (715)	5,10 (520)	3,40 (345)
		60	10,90 (1110)	7,95 (810)	5,30 (540)
		80	15,95 (1625)	11,65 (1185)	7,75 (790)
	В25	40	8,10 (825)	5,90 (600)	3,90 (400)
		60	12,70 (1295)	9,25 (945)	6,15 (630)
		80	18,15 (1865)	13,25 (1360)	8,85 (905)
	В30	40	9,10 (930)	6,65 (680)	4,45 (450)
		60	14,40 (1465)	10,50 (1070)	7,00 (715)
		80	20,45 (2085)	14,90 (1520)	9,95 (1010)
	В35	40	10,10 (1030)	7,35 (750)	4,90 (500)
		60	16,05 (1630)	11,70 (1190)	7,80 (795)
		80	22,40 (2285)	16,35 (1665)	10,90 (1110)
	В40	40	10,95 (1115)	8,00 (815)	5,35 (545)
		60	17,60 (1795)	12,85 (1310)	8,55 (875)
		80	24,35 (2475)	17,75 (1805)	11,80 (1205)

Примечания:

1 $\alpha = 1,64$ - число, показатель надёжности, обеспечивающий доверительную вероятность 0,95.

2 $c_v = S_{cbm} / F_{cbm}$ - коэффициент вариации (изменчивости) прочности бетона (для тяжёлого и лёгкого бетона принят в нормах [16] равным 0,135).

3 γ_{cbt} - коэффициент надёжности по материалу-бетону (для тяжёлого и лёгкого бетона принят в нормах [16] равным 1,3).

Нормативные значения прочности анкеровки гибких связей в легком бетоне можно принимать по Таблице 4.3 с учетом понижающего коэффициента, равного 0,8.

4.4 Коэффициенты условий работы

4.4.1 Коэффициенты условий работы СПА

4.4.1.1 Кратковременно действующие на гибкие связи факторы и коэффициенты условий работы СПА при воздействии каждого из факторов приведены в Таблице 4.4.

Таблица 4.4 - 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	γ_{c1}	0,95
2. Нахождение СПА в щелочной среде с $pH=12$ или в кислой среде при $pH=5$	γ_{c2}	0,94
3. Нахождение СПА в бетоне в процессе тепловлажностной обработки по схеме 2+3+6+2 с прогревом до 80 °С	γ_{c3}	0,93
4. Нахождение СПА без бетона или в бетоне в условиях замораживания – оттаивания (морозостойкость по стандартной программе до 150 циклов)	γ_{c4}	0,94
5. Разрушение СПА при кратковременной выдержке с воздействием напряжения растяжения или изгиба, равного 65...70 % от разрушающего	γ_{c5}	0,65

4.3.1.2 Коэффициент условий работы γ_{c6}

γ_{c6} - коэффициент старения, учитывающий влияние длительного воздействия на стеклопластиковую арматуру среды влажного бетона или строительного раствора.

Значение коэффициента γ_{c6} для срока эксплуатации 100 лет равно 0,76.

4.3.1.3 Коэффициент условий работы γ_{c7}

γ_{c7} - коэффициент долговременной прочности, учитывающий влияние длительного воздействия на СПА постоянных усилий и температуры эксплуатации.

Значения коэффициента γ_{c7} 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 панели, учитывают коэффициентом надежности γ_{c8} .

Численные значения коэффициента надежности приведены в Таблице 4.5

Таблица 4.5 – Численные значения коэффициента надежности γ_{c8}

Количество учитываемых связей	Значение коэффициента условий работы γ_{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

4.4.2 Коэффициенты условий работы узла сцепления СПА с бетоном

Действующие на узел сцепления СПА с бетоном факторы и коэффициенты условий работы узла сцепления СПА с бетоном приведены в Таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Коэффициенты условий работы узла сцепления СПА с бетоном

Учитываемые факторы	Коэффициенты условий работы бетона	
	условное обозначение	числовое значение
1 Длительное действие нагрузки	γ_{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	γ_{cb6}	1,00 0,90
3 Работа узла сцепления в бетонной конструкции (при отсутствии хомутов в зоне отрыва СПА из бетона)	γ_{cb9}	0,90
4 Неравномерное распределение напряжений в бетоне в зоне анкеровки СПА (при совместном действии отрывающей силы T_{cb} , изгибающего момента M_{cb} и поперечной силы Q_{cb})	γ_{cb13}	0,75
5 Работа анкерного уширения в легком бетоне	γ_{cb14}	0,80

5 ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ПАНЕЛИ

5.1 Оценку прочности элемента i (связи или анкерного узла) проводят сравнением расчетных значений усилий или сопротивлений в сечениях элемента i с предельными допустимыми значениями усилий или сопротивлений, рассматриваемых с учетом условий работы элементов. Например, для растянутой связи из СПА оценку ее прочности производят по формуле:

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

или

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

где $N_{срi}$ ($\sigma_{срi}$) – нагрузка на панель от внешних (эксплуатационных) воздействий;

γ_y – произведение учитываемых коэффициентов условий работы;

$F_{срi}$, $R_{срi}$ – расчетное значение характеристики несущей способности (усилия или сопротивления, соответственно) элемента i , принимаемое по Таблицам 4.2 или 4.3.

Формулы для определения значений коэффициента γ_y для разных стадий и типов рассчитываемых элементов приведены в Таблице 5.1

Таблица 5.1

Стадия	Нагрузочные воздействия	Рассчитываемые элементы	Применение коэффициентов условий работы
Изготовление	Подъем с поддона, хранение, транспортирование и монтаж	Подвески, распорки, подкосы	$\gamma_y = \gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2} \cdot \gamma_{c3} \cdot \gamma_{c4} \cdot \gamma_{c5}$
		Узлы анкеровки	$\gamma_y = \gamma_{c62} \cdot \gamma_{c66} \cdot \gamma_{c69} \cdot \gamma_{c613} \cdot (\gamma_{c614})$
Эксплуатация	Собственный вес, температурные нагрузки	Подвески, распорки	$\gamma_y = \gamma_{c6} \cdot \gamma_{c7} \cdot \gamma_{c8}$
		Узлы анкеровки	$\gamma_y = \gamma_{c62} \cdot \gamma_{c66} \cdot \gamma_{c69} \cdot \gamma_{c613} \cdot (\gamma_{c614})$
	Ветровая нагрузка	Распорки	$\gamma_y = \gamma_{c1} \cdot \gamma_{c4} \cdot \gamma_{c5} \cdot \gamma_{c6}$
		Узлы анкеровки	$\gamma_y = \gamma_{c62} \cdot \gamma_{c66} \cdot \gamma_{c69} \cdot \gamma_{c613} \cdot (\gamma_{c614})$

5.2 Особенности оценки прочности элементов панелей для стадии подъема с поддона

Выполняют расчет нижней и верхней железобетонных плит по прочности и трещиностойкости при изгибе. Расчет сечений плит по прочности и трещиностойкости следует проводить по нормам [16-19, 29].

Распорки рассчитывают по прочности при совместном действии продольной силы, изгибающего момента и поперечной силы, а также проводят оценку прочности на вырыв стержней СПА из бетонных массивов панели. При действии расчётных нагрузок не допускается образование трещин в бетоне в пределах зоны анкеровки [16]. Эту зону следует относить к 1-й категории требований по трещиностойкости и осуществлять расчет плит стеновых панелей по образованию трещин с использованием таких же нагрузок q , как и при расчете по прочности [16], но при $k=1,0$.

5.3 Особенности оценки прочности элементов панелей для стадии монтажа

При строповке панели за внутренний несущий слой наружный ненесущий слой весом G_1 и теплоизоляция весом G_2 фактически подвешиваются к внутреннему несущему слою панели с помощью распорок и подвесок. В данном случае следует провести оценку прочности и трещиностойкости для наружной плиты, а также прочности связей на основе СПА при учете совместной

Рекомендации по применению стеклопластиковых гибких связей в конструкциях трёхслойных панелей работы плит панели, слоев теплоизоляции и связей. Не допускается появление трещин в зоне анкерования гибких связей из СПА.

5.4 Особенности оценки прочности элементов панелей для стадии эксплуатации

Рекомендуется (в запас прочности) оценку прочности элементов панели проводить в предположении отсутствия сцепления теплоизоляции с железобетонными плитами (слоями панели) и связями.

При оценке прочности от воздействия ветровой нагрузки проверяется работа всей стеновой панели как плиты, опертой по контуру, который создается капитальными стенами и перекрытиями здания.

Распорки из СПА должны быть рассчитаны по прочности при осевом растяжении при давлении ветра с учетом $c_e = - 2,0$. Прочность анкерования распорок в плитах стеновой панели следует оценивать с учетом коэффициента надежности по ветровой нагрузке $\gamma_{fw}=1,4$.

5.5 Для получения более полной картины напряженно-деформированного состояния бетонных плит панели, слоя теплоизоляции и связей необходимо выполнять расчеты с использованием точных пространственных методов (например методом конечных элементов), обычно в пределах упругой стадии работы материалов.

5.6 При необходимости, уменьшение количества связей в стеновой панели может быть достигнуто за счет более эффективного использования их несущей способности, например, за счет повышения класса бетона, увеличения глубины анкерования связи в бетоне или устройства косвенного армирования бетона в зоне анкерования (с помощью стальной спирали, перфорированного стального кольца и т.д.). Для этого должны быть проведены специальные уточненные расчеты и (при необходимости) экспериментальные проверки.

6 ПРИМЕР РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ТРЁХСЛОЙНОЙ ПАНЕЛИ

6.1 Условия задачи.

Необходимо рассчитать количество и определить схему расположения связей в стеновой панели, изображённой на Рисунке 2.1 при следующих исходных данных:

- район строительства – г. Новосибирск (умеренно холодный климатический район по ГОСТ 16350), срок эксплуатации здания (нормального уровня ответственности) 100 лет;
- здание расположено на открытой местности (тип А по СП 20.13330 [19]), а рассматриваемая панель установлена в здании на уровне над поверхностью земли $z = 20\text{ м}$;
- ширина панели 3,00 м, высота 2,80 м (площадь панели $A_{\text{п}} = 8,4 \text{ м}^2$);
- толщины: наружного слоя панели $b_{\text{нс}} = 60 \text{ мм}$, слоя теплоизоляции $b_{\text{тзм}} = 200 \text{ мм}$, внутреннего слоя панели $b_{\text{внс}} = 110 \text{ мм}$;
- материал бетонных слоев стеновой панели – тяжелый бетон класса В15, плотность тяжелого железобетона примем $\rho_{\text{жб}} = 2400 \text{ кг/м}^3$;
- материал утеплителя плиты из пенополистирола ПСБ-С с плотностью $\rho_{\text{пс}} = 60 \text{ кг/м}^3$;
- глубина анкеровки связей в бетоне $h_{\text{с}} = 40 \text{ мм}$, подвески поставлены под углом $\alpha = 45^{\circ}$;
- при расчете подвесок на сжатие сопротивление теплоизоляции сжатию не учитывается;
- расчет проводится по предельным состояниям первой группы.

6.2 Определение нагрузок, действующих на гибкие связи

Расчёт проводится в соответствии с упрощённой схемой, изображённой на Рисунке 3.1.

Масса облицовочного слоя панели составляет
 $M_{\text{жб}} = A_{\text{п}} \times b_{\text{нс}} \times \rho_{\text{жб}} = 8,4 \times 0,06 \times 2400 = 1209,4 \text{ кг}$,
 которая создаст нагрузку на гибкие связи
 $G_1 = 1209,4 \text{ кгс} = 12,094 \text{ кН}$.

Масса теплоизолирующего слоя
 $M_{\text{пс}} = A_{\text{п}} \times b_{\text{тзм}} \times \rho_{\text{пс}} = 8,4 \times 0,2 \times 60 = 100,8 \text{ кг}$,
 которая создаст нагрузку на гибкие связи
 $G_2 = 100,8 \text{ кгс} = 1,008 \text{ кН}$.

Общая нагрузка, действующая в вертикальной плоскости панели при её эксплуатации (при сдвиге облицовочного слоя панели и слоя ТЗМ относительно несущего слоя)
 $G = G_1 + G_2 = 12,094 + 1,008 = 13,102 \text{ кН} = 1310,2 \text{ кгс}$.

Растягивающая нагрузка, действующая на подвески
 $S_3 = G / \cos \alpha = 13,102 / \cos 45^{\circ} = 13,102 / 0,7071 = 18,529 \text{ кН} = 1852,9 \text{ кгс}$.

У нижних концов подвесок горизонтальная сжимающая реактивная сила $F_2 = -G \cdot \text{tg} \alpha$ передается на ближайшие (вследствие этого постоянно сжатые) распорки.
 $F_2 = -G \cdot \text{tg} \alpha = 13,102 \cdot \text{tg} 45^{\circ} = 13,102 \text{ кН} = 1310,2 \text{ кгс}$.

Максимальное растягивающее усилие, которое может возникнуть в рядовой распорке 1 (при шаге установки распорок $0,80 \times 0,80 \text{ м}$) от кратковременной ветровой нагрузки в зоне отрицательного давления (отсоса), можно определить по формуле [19]:

$$N_{1\text{wp}} = w_0 \cdot k \cdot c_e \cdot A_i \cdot \gamma_{fv} = 0,38 \cdot 1,25 \cdot 2,0 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,4 = 0,8512 \text{ кН} = 85,12 \text{ кгс},$$

а максимальное сжимающее усилие в такой распорке от действия ветра рассчитывается по той же формуле, но с соответствующим аэродинамическим коэффициентом c_e , и составит:

$$N_{1wc} = 0,38 \cdot 1,25 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,4 = 0,3405 \text{ кН} = 34,05 \text{ кгс.}$$

6.3 Определение расчетных и предельно допустимых значений несущей способности связей

Расчетное значение несущей способности стержня из СПА Ø7,5 мм по прочности на растяжение (см. табл. 4.2), равно:

$$F_{cp} = R_{cp} \cdot A = 700 \cdot 40,72 = 28504 \text{ Н} = 28,50 \text{ кН.}$$

В соответствии с 5.1 предельно допустимое усилие, действующее на гибкие связи на стадиях подъема с поддона, хранения, транспортирования и монтажа (с учётом коэффициента γ_y , см. Таблицу 5.1), составит:

$$F_{cp \text{ lim}} = \gamma_y \cdot F_{cp} = \gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2} \cdot \gamma_{c3} \cdot \gamma_{c4} \cdot \gamma_{c5} \cdot F_{cp} = 0,95 \cdot 0,94 \cdot 0,93 \cdot 0,94 \cdot 0,65 \cdot 28,50 = 14,46 \text{ кН,}$$

а предельно допустимое усилие на растяжение, действующее на гибкие связи на стадии эксплуатации панели в здании (с учетом коэффициента условий работы $\gamma_y = \gamma_{c6} \cdot \gamma_{c7}$ см. 4.3 и Таблицы 5.1), равно:

$$F_{cp, \text{ lim}} = \gamma_y \cdot F_{cp} = \gamma_{c6} \cdot \gamma_{c7} \cdot F_{cp} = 0,76 \cdot 0,56 \cdot 28,50 = 12,13 \text{ кН.}$$

Поскольку расчётное сопротивление стеклопластиковой гибкой связи на сжатие равно сопротивлению на растяжение (700 МПа) [11], то несущие способности гибких связей на сжатие будут идентичны характеристикам на растяжение.

Расчётное значение несущей способности анкерного узла при анкеровке гибкой связи из СПА Ø7,5мм в бетоне марки В 15 на глубину 40 мм (см. Таблицу 4.3), равно:

$$F_{cbp} = 3,60 \text{ кН,}$$

а предельно допустимое усилие при выдергивании гибкой связи из бетонного массива с учетом коэффициентов условий работы $\gamma_y = \gamma_{cb2} \cdot \gamma_{cb6} \cdot \gamma_{cb9} \cdot \gamma_{cb13}$ (см. Таблицы 4.6, 5.1) равно:

$$F_{cbp \text{ lim}} = 3,60 \cdot 0,90 \cdot 0,90 \cdot 0,90 \cdot 0,75 = 1,97 \text{ кН.}$$

Расчетное значение несущей способности гибкой связи из СПА Ø7,5мм по прочности на сжатие (см. табл. 4.2), равно:

$$F_{cc} = R_{cc} \cdot A = 700 \cdot 40,72 = 28504 \text{ Н} = 28,50 \text{ кН,}$$

а предельно допустимое сжимающее усилие (из условия разрушения от напряжений сжатия), действующее на гибкие связи на стадии эксплуатации панели в здании (с учетом коэффициента условий работы $\gamma_y = \gamma_{c6} \cdot \gamma_{c7}$ см. 4.3 и Таблицы 5.1), равно:

$$F_{cc \text{ lim}} = 28,50 \cdot 0,76 \cdot 0,56 = 12,13 \text{ кН.}$$

Расчетное значение несущей способности гибкой связи (стержня) из СПА Ø7,5мм по устойчивости при сжатии определим, исходя из следующих соображений:

- рядовая и сжатая распорки с номинальным диаметром $d_c = 7,2$ мм и площадью сечения $A = 40,72 \text{ мм}^2$, рассматриваемые как центрально сжатые стержни (от действия ветра и постоянных нагрузок), имеют приведенную свободную длину $l_0 = \mu l = 0,5 \cdot 200 = 100$ мм, момент инерции сечения $J_c = \pi d_c^4 / 64 = 131,92 \text{ мм}^4$, радиус инерции $i = \sqrt{J_c / A_c} = 1,8$ мм и гибкость $\lambda = l_0 / i = 55,55$.

Для центрального сжатого стержня коэффициент продольного изгиба φ рассчитывают по формуле Эйлера:

$$\varphi = \frac{\pi^2 \cdot E_{cc}}{\lambda^2 \cdot R_{cc}} = \frac{\pi^2 \cdot 50000}{55,55^2 \cdot 700} = 0,2285.$$

Предельная несущая способность рассматриваемой распорки (с рассмотренными выше геометрическими параметрами) по устойчивости на сжатие на 100-й год эксплуатации равна:

$$F_{cc \text{ lim устойчив}} = \varphi \cdot F_{cc} \cdot \gamma_y = 0,2285 \cdot 28,50 \cdot 0,76 \cdot 0,56 = 2,77 \text{ кН}.$$

6.4 Расчёт количества требующихся связей

Количество требующихся подвесок определим из соотношения

$$n = S_{3i} / F_{cpi \text{ lim}}$$

для всех стадий жизненного цикла рассчитываемой панели.

Для стадии транспортирования панели, исходя из прочности связи, в начале её жизненного цикла (в течение не более 5 лет со дня изготовления панели):

$$n = S_3 \cdot (1+\mu) / F_{cp \text{ lim}} = 18,529 \cdot (1+0,6) / 14,46 = 2,05 \text{ шт.}$$

Округляя до целого количества, **для обеспечения прочности панели от нагрузок при её транспортировании, исходя из прочности связи, необходимо (и достаточно) установить 3 подвески.**

Для стадии транспортирования панели, исходя из прочности анкерного узла:

$$n = S_3 \cdot (1+\mu) / F_{cbp \text{ lim}} = 18,529 \cdot (1+0,6) / 1,97 = 15,05 \text{ шт.}$$

Округляя до целого количества, **для обеспечения прочности панели от нагрузок при её транспортировании, исходя из прочности анкерного узла, необходимо (и достаточно) установить 16 подвесок.**

Для стадии монтажа панели, исходя из прочности связи (монтаж, естественно, производят из новых панелей, т.е. в начале жизненного цикла):

$$n = S_3 \cdot (1+\mu) / F_{cp \text{ lim}} = 18,529 \cdot (1+0,4) / 14,46 = 1,79 \text{ шт.}$$

Округляя до целого количества, **для обеспечения прочности панели от нагрузок при её монтаже, исходя из прочности связи, необходимо (и достаточно) установить 2 подвески.**

Для стадии монтажа панели, исходя из прочности анкерного узла:

$$n = S_3 \cdot (1+\mu) / F_{cbp \text{ lim}} = 18,529 \cdot (1+0,4) / 1,97 = 13,16 \text{ шт.}$$

Округляя до целого количества, **для обеспечения прочности панели от нагрузок при её монтаже, исходя из прочности анкерного узла, необходимо (и достаточно) установить 14 подвесок.**

Для стадии эксплуатации панели, исходя из прочности гибкой связи на 100-й год эксплуатации:

$$n = S_3 / F_{cp \text{ lim}} = 18,529 / 12,13 = 1,53 \text{ шт.}$$

Округляя до целого количества, **для обеспечения прочности панели от нагрузок в течение всего срока её эксплуатации, исходя из прочности связи, необходимо (и достаточно) установить 2 подвески.**

Для стадии эксплуатации панели, исходя из прочности анкерного узла:

$$n = S_3 / F_{cbp \text{ lim}} = 18,529 / 1,97 = 9,41 \text{ шт.}$$

Округляя до целого количества, для обеспечения прочности панели при действии нагрузок при её эксплуатации, исходя из прочности анкерного узла, необходимо (и достаточно) установить 10 подвесок.

Т.о. в результате расчёта установлено, что для обеспечения прочности всех узлов рассматриваемой трёхслойной панели на всех стадиях её жизненного цикла необходимо установить 16 подвесок. Это наибольшее количество подвесок определяется расчётной прочностью анкерного узла и максимальными нагрузками, действующими на гибкие связи в панели в процессе её транспортирования.

Исходя из рекомендаций по проектированию, назначаем количество постоянно сжатых распорок ($n_{расп}$), равным количеству подвесок (16 штук).

6.5 Проверка достаточности количества постоянно сжатых распорок

Усилие в одной постоянно сжатой распорке, возникающее в процессе транспортирования панели, составит:

$$F_{2 \text{ ед тр}} = F_2 \cdot (1+\mu)/n_{расп} = 13,102 \cdot (1+0,6)/16 = 1,31 \text{ кН}$$

Как следует из 6.3, несущая способность гибкой связи на сжатие в начале жизненного цикла равна 14,46 кН, что более чем в 10 раз больше усилий, возникающих в распорке при транспортировании панели.

Усилие в одной постоянно сжатой распорке, возникающее в процессе эксплуатации панели составит:

$$F_{2 \text{ ед эксп}} = F_2/n_{расп} = 13,102/16 = 0,82 \text{ кН.}$$

Как следует из 6.3, несущая способность гибкой связи по прочности на сжатие в конце 100 года эксплуатации равна 12,13 кН, что также значительно больше усилий, возникающих в распорке, при эксплуатации смонтированной в здании панели.

Несущая способность распорки по потере устойчивости ($F_{cc \text{ lim устойчив}} = 2,77 \text{ кН}$) также выше сжимающих нагрузок, возникающих в панели и при транспортировании, и при эксплуатации.

Суммирование максимальных ветровых нагрузок, которые, как установлено в 6.2, составляют 0,3405 кН, также не окажут существенного влияния на прочность панели в процессе её эксплуатации. Суммарные сжимающие нагрузки, действующие на постоянно сжатую распорку, составят:

$$F_{2\Sigma} = F_{2 \text{ ед эксп}} + N_{1wc} = 0,82+0,34 = 1,16 \text{ кН,}$$

что также меньше, чем несущая способность распорки и по прочности на сжатие и по потере устойчивости.

Таким образом, количество постоянно сжатых распорок достаточно, чтобы обеспечить надёжную работоспособность панели на всех стадиях её жизненного цикла.

6.6 Расстановка гибких связей

Исходя из конструктивных и прочностных понятий, наиболее рациональным является размещение подвесок в верхней трети панели, установленной в эксплуатационное положение. При таком расположении подвесок в панели работа подвесок и распорок будет наиболее благоприятной, и максимальная доля массы несущего слоя будет удерживаться подвесками в их работе на растяжение. Однако следует отметить, что при наличии оконных проёмов в панели или оконного проёма, совмещённого с проёмом под балконную дверь, часть подвесок (обычно достаточно двух

или трёх, что следует уточнить расчётом, исходя из достаточности количества подвесок для удержания плиты несущего слоя под оконным проёмом), следует разместить под указанным проёмом.

Кроме того, в верхней части рекомендуется установить не менее одного ряда рядовых распорок с шагом между ними 500-800 мм и установить в этом ряду два верхних подкоса.

Следует заметить, что расстояние между гибкой связью и краем плиты панели или между гибкой связью и краем какого либо проёма в плите панели зависит от глубины анкеровки связи в плите панели и определяется из того соображения, чтобы конус разрушения при вырыве связи из плиты не вышел на край бетонной плиты. (При минимальной глубине анкеровки связи 40 мм расстояние от точки её заделки до края плиты или края проёма должно быть не менее 50 мм).

Минимальное расстояние между двумя соседними гибкими связями также определяется из условия непересечения конусов разрушения при вырыве двух соседних связей из плиты панели (предполагается, что конус разрушения имеет угол при его вершине, равный 90°). Например, рекомендуется при глубине анкеровки связей 40 мм назначать расстояние между двумя соседними связями не менее 100 мм.

Предположив, что верхняя треть панели занята рядом рядовых распорок подвесками и постоянно сжатыми распорками, на остальных двух третях размещают рядовые распорки с шагом от 500x500 мм до 800x800 мм. Размещение рядовых распорок и шаг между ними (в указанном диапазоне) выбирают из конструктивных соображений, учитывая раскладку плит утеплителя (рекомендуется, чтобы гибкие связи не попадали в стыки между плитами утеплителя), местное изменение толщин бетонных плит панели, наличие технологических проёмов в панели и т.п.

Два нижних подкоса устанавливаются в нижней части панели (рекомендуется устанавливать нижние подкосы в одной плоскости с крайним нижним рядом рядовых распорок).

7 ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЦЕССУ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАНЕЛЕЙ

7.1 Панели должны быть изготовлены в соответствии с требованиями ГОСТ 31310 [1,2], ГОСТ 13015 [27].

7.2 Трёхслойные панели с гибкими связями из СПА следует изготавливать по специально разработанному технологическому процессу. При этом предварительно должна быть отработана схема строповки панелей, проверена принятая схема расстановки арматурных сеток в плитах панели, откорректирован класс бетона и установлена передаточная прочность бетона $R_{вр}$.

7.3 Состав бетона и режим тепловой обработки стеновой панели на заводах ЖБК следует выбирать с учетом ограничения образования и раскрытия технологических трещин.

7.4 Формование панелей может осуществляться как лицевой поверхностью вверх, так и вниз. Для облегчения условий работы гибких связей предпочтение следует отдавать первому варианту изготовления, хотя при втором варианте можно получить более качественную фасадную поверхность стеновой панели.

7.5 Для изготовления панелей следует использовать гибкие связи из стеклопластиковой арматуры (СПА), удовлетворяющие требованиям ГОСТ 31310 [1,2] и требованиям Технических условий 2296-001-20994511 [11].

При работе со стеклопластиковой арматурой на заводе - изготовителе панелей следует строго соблюдать требования нормативной документации на СПА по правилам её хранения, транспортирования и эксплуатации.

7.6 При установке гибких связей из СПА в бетонные слои-плиты панели следует особое внимание уделять выполнению требований конструкторской документации на панели по глубине анкеровки связей и толщине защитного слоя.

7.7 В технологической документации на изготовление панелей должно быть указано предельно допустимое время бетонирования нижней плиты и укладки теплоизоляции, чтобы не возникло затруднений при заглублении гибких связей в свежееуложенный бетон нижней плиты панели.

При изготовлении трёхслойной панели необходимо организовать работу так, чтобы, после укладки арматуры и бетонирования нижней плиты, на укладку теплоизоляции (обычно с заранее просверленными отверстиями под установку гибких связей из СПА) требовалось минимальное время (рекомендуется не более 25...30 минут). В эти-заранее размеченные и просверленные отверстия должны быть, как можно быстрее, вставлены и заглублены в бетон нижней плиты гибкие связи под углом 90° (распорки) или 45° (подвески и подкосы) к поверхности панели. После установки всех гибких связей рекомендуется провести кратковременное (в течение 10-15 секунд) вибрирование нижней плиты панели для улучшения сцепления анкерных узлов.

Укладку арматурных сеток, закладных деталей в верхний слой плиты, и верхнего слоя бетона можно выполнять сразу после установки связей из СПА или отложив эти операции на любое время.

7.8 Для получения более надежного сцепления гибких связей из СПА с бетоном рекомендуется осуществлять вибрирование, а для ускорения твердения бетона – тепловую обработку, не допуская перегрева бетона более 80 °С.

7.9 Контроль качества панелей должен осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 8829 [26], ГОСТ 13015 [27], ГОСТ 31310 [1,2] и данными «Рекомендациями...».

7.10 При изготовлении панелей рекомендуется поднимать их из горизонтального положения в вертикальное с помощью кантователя.

7.11 На всех технологических стадиях работы с трёхслойными панелями со связями из СПА: подъем с поддона, транспортирование, хранение и монтаж - следует строго соблюдать указанные в конструкторской и технологической документации схемы строповки и опирания.

7.12 Транспортирование и хранение панелей следует производить в вертикальном положении, в закреплённом состоянии, с зазором между панелями не менее 10 см и при числе упругих прокладок не менее трех.

Правила хранения и транспортирования панелей должны соответствовать ГОСТ 31310 [1], ГОСТ 13015 [27] и данным "Рекомендациям...". Монтаж стен из трёхслойных панелей следует проводить с учетом требований СП 70.13330 [28].

7.13 Остальные требования к работам с готовыми трехслойными стеновыми панелями, имеющими гибкие связи из СПА, не отличаются от требований к работам с обычными стеновыми панелями.

7.14 Правила приемки и эксплуатации жилых зданий, построенных из трехслойных панелей с гибкими связями из СПА, такие же, как для обычных зданий.

7.15 Требования безопасности при работе со стеклопластиковой арматурой. Охрана окружающей среды

7.15.1 Стеклопластиковая арматура не выделяет вредных для окружающей среды веществ и не оказывает вредного влияния на организм человека при непосредственном контакте. Работа с ней не требует особых мер предосторожности.

7.15.2 Материал СПА относится к группе Г1 (горючих трудновоспламеняемых) по ГОСТ 30244. Температура самовоспламенения - 380 – 410 °С. При горении арматуры выделяются: углекислый газ, углеводороды метанового ряда.

Огнетушащие средства: вода, пена, песок.

7.15.3 При сжигании СПА остается стекловолокно в количестве 76,5 – 81,5 % от ее массы. Оно может сохраняться в почве более 100 лет, поэтому при утилизации СПА целесообразно использовать отходы производства в качестве наполнителей строительных конструкций.

Б И Б Л И О Г Р А Ф И Я

- 1 ГОСТ 31310–2015 Межгосударственный стандарт. Панели стеновые трехслойные железобетонные с эффективным утеплителем. Общие технические условия.
- 2 Изменение №1 ГОСТ 31310–2015 Панели стеновые трехслойные железобетонные с эффективным утеплителем. Общие технические условия
- 3 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.
- 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 2, СГУПС – Новосибирск, 1999 – 196 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 3, СГУПС – Новосибирск, 1999 – 102 с.
- 6 Научно-технический отчет «Испытания трёхслойных стеновых панелей с гибкими связями из стеклопластиковой арматуры Бийского завода, разными утеплителями, с определением коэффициента теплопередачи и оценкой прочности, деформативности на вертикальные усилия / ОАО ЦНИИС (испытательный центр «ЦНИИС-ТЕСТ») – М., 2004 – 28 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 / ИЦ СМиК «СибНИИСтрой», ООО «БЗС» – Бийск, 2005 – 102 с.
- 8 Технический отчет по теме: Провести статические испытания трёхслойной стеновой панели с гибкими связями из стеклопластиковой арматуры производства ООО «Бийский завод стеклопластиков» на сдвиг слоёв/ ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко – М., 2013 – 14 с.
- 9 Технический отчет по результатам испытаний на выдергивание из легкого бетона гибких связей из стеклопластиковой арматуры производства ООО «БЗС» / ООО «НПЦ «СОРМАКС» - Краснодар, 2015 – 51 с. (www.sormax.com).
- 10 Отчёт о выполненных работах по договору № 2021.0927/3 от «27» сентября 2021 г. Проведение исследований композитных гибких связей СПА 7,5 производства ООО «Бийский завод стеклопластиков» / ФГБОУ ВО ТГАСУ – Томск, 2021 – 73 с.
- 11 ТУ 2296-001-20994511–2021 Арматура стеклопластиковая. Технические условия.
- 12 ТУ 5831-008-20994511–2019 Панели стеновые трёхслойные железобетонные с эффективным утеплителем и гибкими связями из стеклопластиковой арматуры.
- 13 Рекомендации по конструированию, изготовлению и применению трехслойных панелей наружных стен с гибкими связями повышенной стойкости к атмосферной коррозии. – ЦНИИЭП-Жилища, М., 1971 - 40с.
- 14 Руководство по теплотехническому расчету и проектированию ограждающих конструкций зданий. - М., 1985 - 144с.
- 15 Рекомендации по проектированию наружных стен панельных жилых зданий для северной строительной-климатической зоны. - Л., 1986 - 94с.
- 16 СП 63.13330.2018 («СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции»).
- 17 СП 52-101–2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры.
- 18 Методическое пособие к СП 63.13330. Расчёт железобетонных конструкций без предварительно напряжённой арматуры./Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки в строительстве. – М., 2015 - 294 с.

19 СП 20.13330.2016 («СНиП 2.01.07-85* (2003). Нагрузки и воздействия»).

20 СП 131.13330.2020 («СНиП 23-01-99 Строительная климатология»).

21 СП 50.13330.2012 («СНиП 23-02–2003 Тепловая защита зданий»).

22 ГОСТ 16350–80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей.

23 Определение влияния длины анкерной зоны на усилие выдергивания стеклопластиковой арматуры диаметром 7,5 мм из тяжелого и легкого бетона класса В15 / Отчет по результатам испытаний Красноярск, 1999 - 32с.

24 Исследование старения стеклопластиковой арматуры ТУ 2296-001-20994511-98 / Отчет по результатам испытаний./ Бийский технологический институт АТУ им. И.И. Ползунова, ОАО «УралНИАСцентр» - Бийск, 1999 - 18с.

25 Обработка результатов испытаний и прогнозирование долговечности стеклопластиковой арматуры (СПА) / Отчет по этапу 7.- СибНИА - Новосибирск, 1999 - 12с.

26 ГОСТ 8829-94 Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости.

27 ГОСТ 13015–2012 Изделия железобетонные и бетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения

28 СП 70.13330. 2012 Несущие и ограждающие конструкции. (Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87).

29 ГОСТ 27751–2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.

30 ГОСТ Р 54923–2012 Связи гибкие композитные полимерные для многослойных ограждающих конструкций. Технические условия

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(рекомендуемое)

Технологический процесс
установки гибких связей в трехслойных стеновых панелях,
рекомендуемый ООО «БЗС»

Общество с ограниченной ответственностью «Бийский завод стеклопластиков» рекомендует следующую последовательность работ (операций) при изготовлении трёхслойных панелей с производимыми им стеклопластиковыми гибкими связями

1 Установка на стеклопластиковые связи упорных наконечников

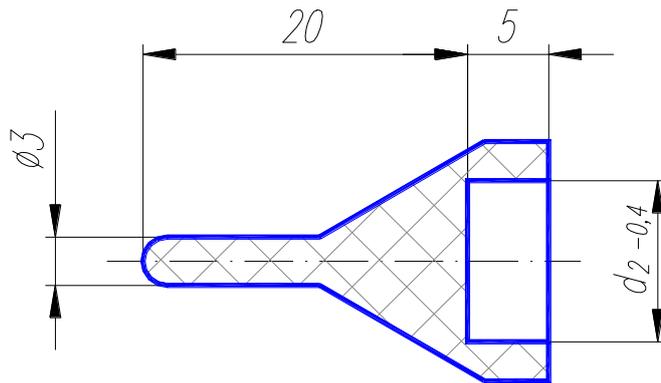


Рисунок А.1 – Наконечник упорный

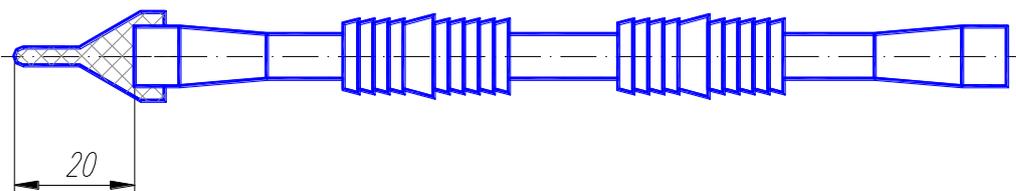
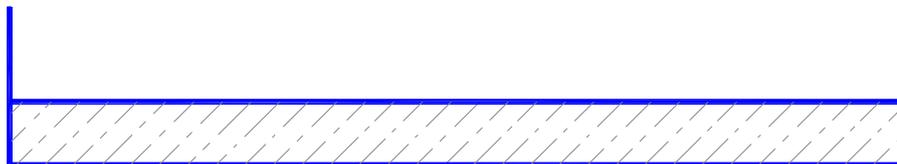


Рисунок А.2 – Стеклопластиковая связь с установленным наконечником

2 Укладка в опалубку арматурной сетки (при наличии по проекту), укладка и вибрирование нижнего (облицовочного) слоя бетона



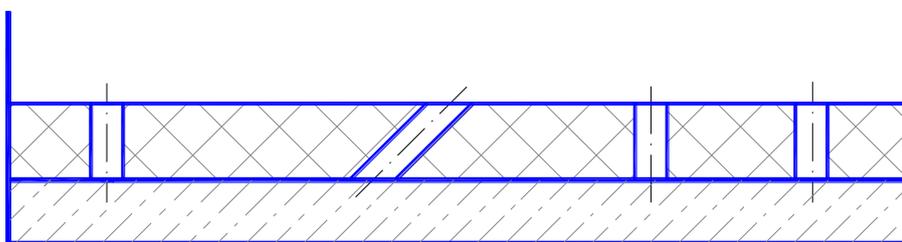
3 Раскладка утеплителя на слой бетона, уложенный в опалубке. Рекомендуется предварительное сверление отверстий в утеплителе (согласно проектной схеме установки связей) вне опалубки с обязательным соблюдением, в последующем, схемы раскладки плит утеплителя на бетон в опалубке для соблюдения проектной схемы установки связей.

Возможно, также сверление отверстий в утеплителе, разложенном на бетоне нижней плиты согласно проектной схеме установки связей. Однако, в этом случае, следует организовать процесс сверления отверстий в утеплителе и установки связей таким образом, чтобы время от укладки и вибрирования бетона нижней плиты до окончания процесса установки всех связей не превышало 30 минут.

Сверление отверстий в утеплителе можно проводить через шаблоны, шаблонные рейки, шаблоны-кондукторы для сверления и т. п. (на усмотрение технологов завода-изготовителя панелей).

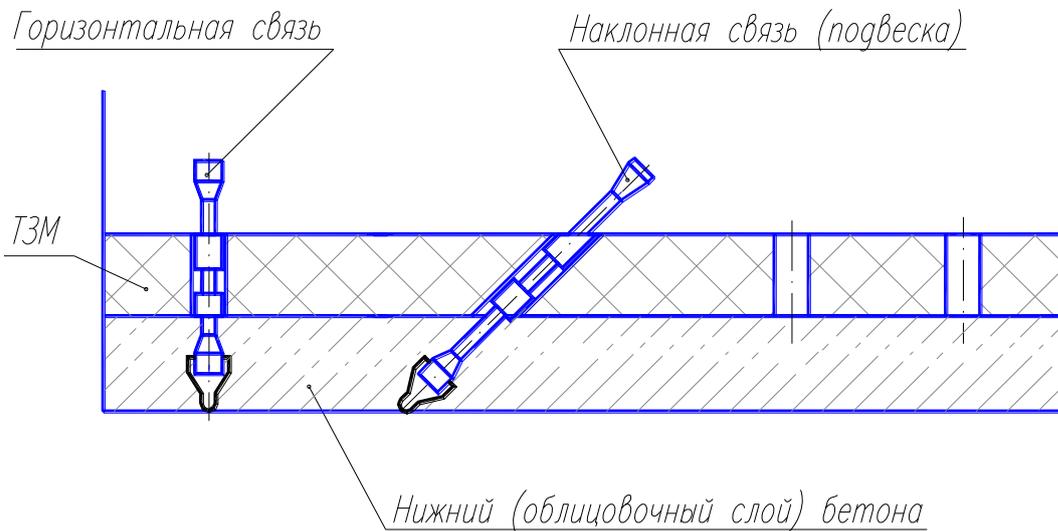
При проектной проработке вариантов сверления отверстий в утеплителе (вне опалубки с соблюдением, в последующем, схемы раскладки плит или в разложенных в опалубку плитах) следует учитывать, что время с момента добавления воды затворения в бетонную смесь, из которой сформирован нижний слой панели, до окончания установки гибких связей, не должно превышать 60 минут.

Стыки между плитами утеплителя следует проклеить липкой лентой (скотчем). При укладке утеплителя в несколько слоёв плиты следует укладывать с перекрытием стыков.

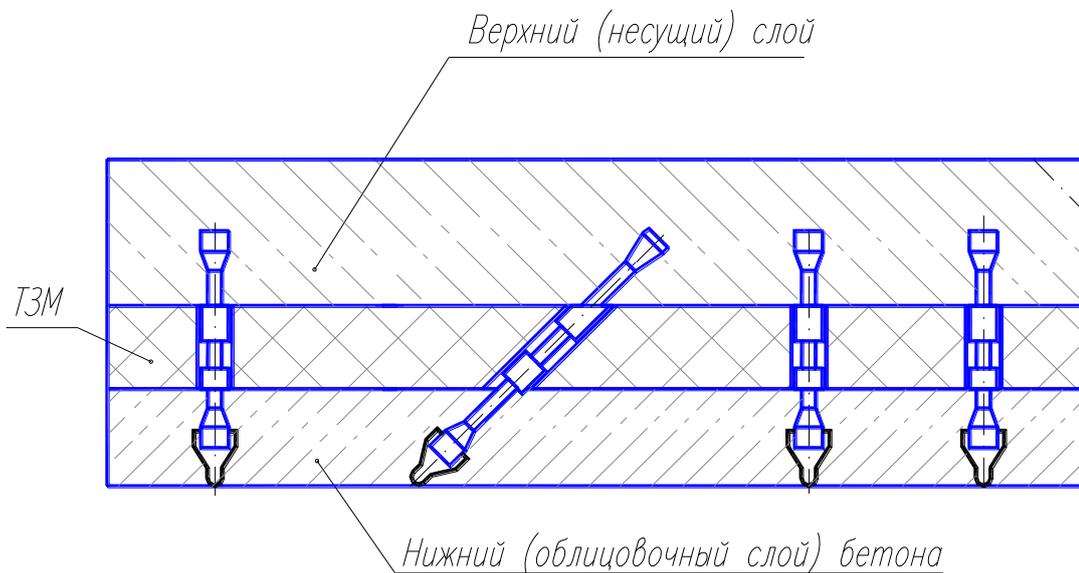


4 Установка связей (наконечником вниз) в просверленные в утеплителе отверстия до упора наконечником в днище опалубки. **После установки связей следует производить кратковре-**

менное вибрирование на вибростоле, чтобы бетон вновь обрел жидкое состояние, и связи надежно в нем закрепились.



5 Укладка арматурной сетки, заливка и вибрирование верхнего (несущего) бетонного слоя панели



6 Тепловлажностная обработка панели. Температура при тепловлажностной обработке не должна превышать 80°C.

7 Освобождение от опалубки и подъём панели из горизонтального в вертикальное положение. Рекомендуется использовать для данной технологической операции кантователь.