

10. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 542с.
11. Ильюшин А.А. Пластичность. – М.: Гостехиздат, 1948. – 376с.
12. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1969. – 420с.
13. Лазовский Д.Н., Глухов Д.О. Численный анализ расчетной модели нормального сечения железобетонной конструкции проекта СНБ 5.03.01-98 // Материалы 54-ой международной научно-технической конференции «Вклад вузовской науки в развитие приоритетных направлений производственно-хозяйственной деятельности» – Часть 7. – Минск: БГПА, 2000. – с. 9.
14. Панагиотопулос П. Неравенства в механике и их приложения. Выпуклые и невыпуклые функции энергии: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 494с.
15. Потапкин А.А. Проектирование стальных мостов с учетом пластических деформаций. – М.: Транспорт, 1984. – 200с.
16. Трауб Дж. Итерационные методы решения уравнений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 264с.
17. Чернов Н.Л., Артюшкин И. А., Купченко Ю. В., Шебанин В. С. Расчет элементов стальных стержневых систем за пределами упругости по деформированной схеме // Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. – 1991, №2. – с. 3–7.
18. Чернов Н.Л., Шебанин В.С., Купченко Ю.В., Ебрахим Валид, Артюшкин И.А. Прочность сечений стальных тонкостенных стержней при ограниченных пластических деформациях // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1990. – №4. – с. 1–5.

УДК 614.841.33

Полейко Н.Л., Осос Р.Ф., Ковшар С.Н., Гуров И.Н., Бондарович А.И., Ильющенко М.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХСЛОЙНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ С УТЕПЛИТЕЛЕМ ИЗ МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ

Трехслойные панели включают в себя две обшивки из тонколистового проката и приклеиваемый к ним средний слой из минераловатных плит с поперечно-ориентированными волокнами, обеспечивающий совместную работу обшивок (далее - панели).

Панели предназначены для устройства наружных и внутренних стен, а также покрытий общественных, административных, производственных, бытовых зданий и сооружений с сухим или нормальным влажностным режимом помещений, эксплуатируемых в неагрессивных и слабоагрессивных средах при температуре наружной поверхности панели от минус 65 °С до плюс 75 °С, температуре внутренней поверхности панели до плюс 30 °С, при относительной влажности воздуха внутри помещения не более 65%, а также зданий и помещений холодильных и морозильных камер.

Основными конструкционными требованиями, предъявляемыми к металлическим трехслойным панелям с утеплителем из минеральной ваты, является прочность и деформативность. Эти два показателя зависят от вида применяемых материалов – минеральной ваты и стального листа, геометрических размеров панели и качества изготовления изделий. Проведение исследований трехслойных металлических панелей с утеплителем из минеральной ваты позволят установить зависимости влияния на прочность и деформативность различных типов минеральной ваты, клея и прочность сцепления металлических листов с утеплителем при изготовлении панелей на различных технологических линиях.

Программа испытаний включает испытание панелей согласно ТУ РБ 37430847.166-98 «Панели металлические с утеплителем из минераловатных плит», анализ результатов, полученных теоретическим расчетом, реализованном в ППП «Лира».

Испытания на прочность и обработка результатов производится по утвержденным методикам, разработанных на основании Европейских рекомендаций ECCS/CIB и требований стандартов EN, DIN, ASTM, относящихся к испытанию теплоизоляционных материалов и конструкций.

Виртуальные испытания плиты минеральной трехслойной (приведен пример расчета плиты ППС 3200×1190×100) ведется на основе физико-механических характеристик составляющих плиту материалов, полученных лабораторным путем (см. табл. 1). В основу расчета положен метод конечных элементов в перемещениях. Расчетные сочетания напряжений для пластинчатых элементов выбираются по критерию экстремальных напряжений с учетом направления главных площадок. При выборе расчетных сочетаний усилий учитывались следующие характеристики загружений:

загружение 1 - статическое нагружение:

а) 0,220 т/м² разрушающая равномерно распределенная нагрузка, выдержанная плитой в результате натурных испытаний;

б) 0,285 т/м² собственный вес плиты.

Генерация плиты происходила с шагом вдоль оси X-0,375 м, вдоль оси Y-0,1 м. Жесткостные характеристики плиты определялись в лабораторных условиях и составили: 1. Приведенный модуль упругости = 1,2Е⁴ т/м². 2. Коэффициент Пуассона = 0,1. 3. Толщина панели = 0,1 м. 5. Длина панели 3 м. 6. Ширина панели 1,5 м. 7. Удельный приведенный вес панели = 1,5 т/м³.

Испытание минеральной ваты по показателям плотности, прочности на сжатие при 10 % деформации и прочности сцепления между слоями проводились согласно ГОСТ 17177-94 «Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний» на образцах, отобранных из готовых панелей. Для определения плотности из минераловатных плит изготавливались образцы правильной геометрической формы в виде куба с размерами в плане 100x100 мм. Образцы высушивались до постоянной массы, измерялись геометрические размеры и взвешивались. Прочность на сжатие при 10 % деформации определялась на образцах размером 100x100x100 мм. Результаты испытаний минеральной ваты приведены в табл. 1.

Панель минераловатная показала следующие критические усилия и реакции (см. рис. 1-4):

Разрушение панели может происходить по 2-м характерным критериям:

№1. - в приопорной зоне в результате работы минеральной ваты на сдвиг.

№2. - в срединной зоне панели в результате потери местной устойчивости металлической обшивки из своей плоскости (из за нарушения адгезии «вата ~ обшивка»).

Таблица 1 – Сравнительные испытания минеральной ваты

Наименование минеральной ваты	Плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие при 10 % деформации, МПа	Прочность сцепления между слоями, МПа
Парок (стандарт)	106	0,038	0,061
Парок 85	88,8	0,024	0,085

Таблица 2 – Результаты виртуальных исследований плиты минераловатной трехслойной 1ПС 3200x1190x100

№ п/п	Значения усилий и реакций в панели		
	Перемещения (мм)	Изгибающий момент (кН*М)	Поперечная сила (кН)
1	444,96	7,66	6,45

Так: для приопорной зоны панели $R_{cont} = 6450/100/375 = 0,172$ (МПа).

№1. Усилия в приопорной зоне в минераловатной панели составляет: $R_{cont} = 6450/100/375 = 0,172$ (МПа).

№2. Усилия в срединной части панели составляет: $R_{cont} = 7660000 / (100/375/75) = 2,720$ (МПа).

Натурное разрушение панели 1ПС 3200x1190x100 (Парок ст. у.з.) произошло по типу №1, что предполагает слабую сопротивляемость минеральной ваты на сдвиг (срез) и достаточно высокие адгезионные характеристики клеевого материала.

Эксплуатационная нагрузка при условии прогиба $< (1/500)l_0$ составила 0,125 т/м² (см. рис. 1).

Проведенные комплексные исследования панелей металлических из минеральной ваты Парок стандарт, Парок 85, изготовленных СП «Изобудпромстрой» ООО, согласно ТУ РБ 37430847.166-98 «Панели металлические с утеплителем из минераловатных плит. Технические условия», показали следующее:

Таблица 3 – Несущая способность и деформативность металлических панелей толщиной 100 мм с утеплителем из минеральной ваты

№ п/п	Тип панелей (утеплитель)	Нагрузка при прогибе 1/150, кН/м ²			Разрушающая нагрузка, кН/м ²		
		обр. 1	обр. 2	Ср. знач.	обр. 1	обр. 2	Ср. знач.
1	1ПС 3200x1190x100	1,00	1,00	1,00	2,20	2,20	2,20
2	1ПС 3200x1200x100	2,40	2,40	2,40	3,25	3,30	3,275
3	1ПС 3200x1190x100	2,5	2,5	2,5	2,65	2,65	2,65
4	1ПС 3200x1200x100	3,00	3,00	3,00	3,45	3,50	3,475
5	1ПС 3200x1190x100 (Парок стандарт Новый клей)	2,25	2,25	2,25	2,65	2,65	2,65

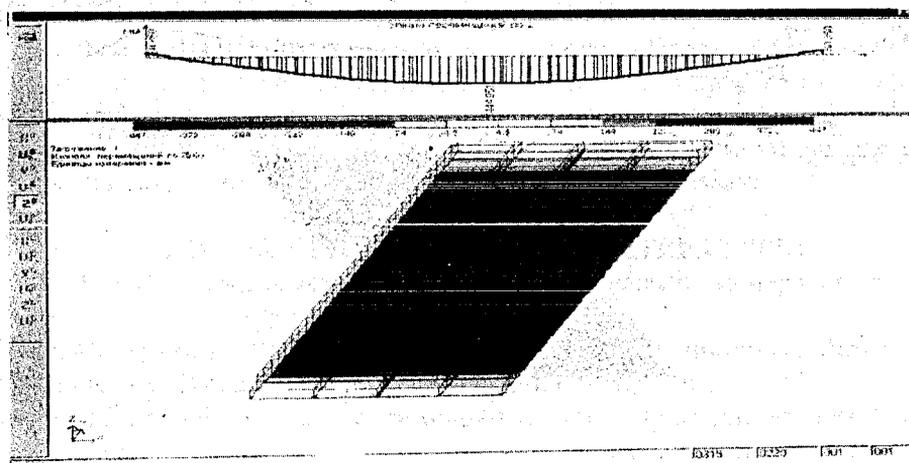


Рисунок 1 – Перемещения панели при исчерпании своей несущей способности. 1ПС 3200×1190×100

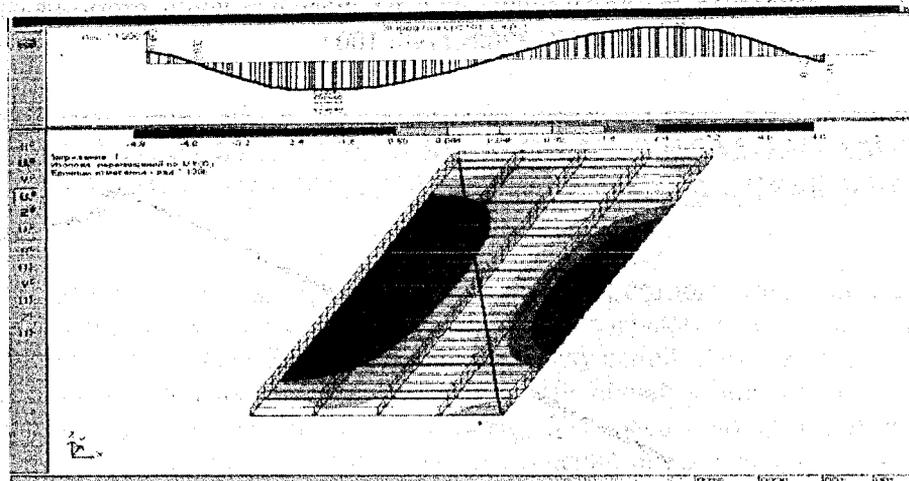


Рисунок 2 – Деформация панели под экстремальной нагрузкой 1ПС3200×1190×100

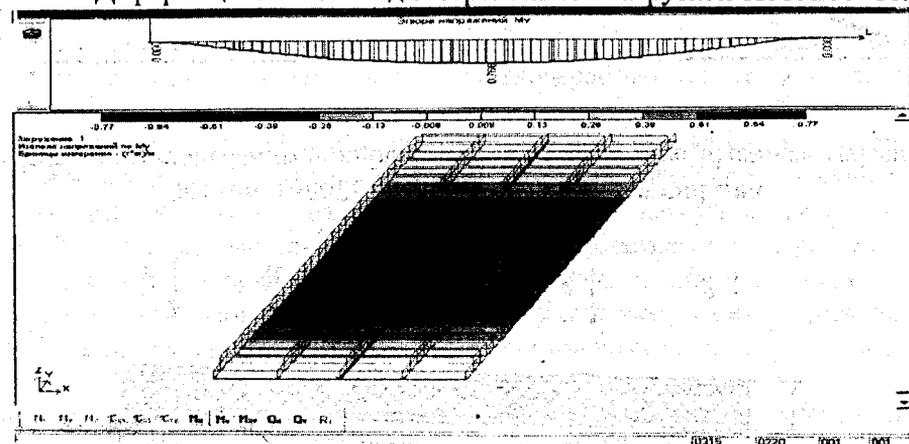


Рисунок 3 – Разрушающий момент M_Y , действующий на сечение, ортогональное оси Y 1ПС 3200×1190×100

1. Результат дублированных исследований несущей способности панелей (натурные исследования и виртуальные исследования) позволяет сделать вывод о близости критических параметров для исследуемых панелей.
2. Прочностные характеристики панелей являются функцией физико-механических характеристик, составляющих ее материалов.
3. Использование математического аппарата позволяет более полно оценить работу конструкции под деструктивной нагрузкой.

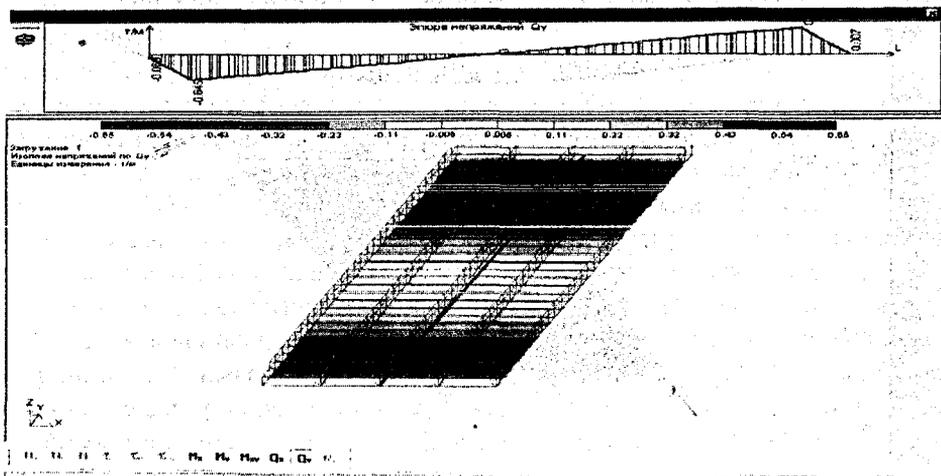


Рисунок 4 – QY критическая перерезывающая сила на опоре в сечении, ортогональном оси Y.
1ПС 3200×1190×100

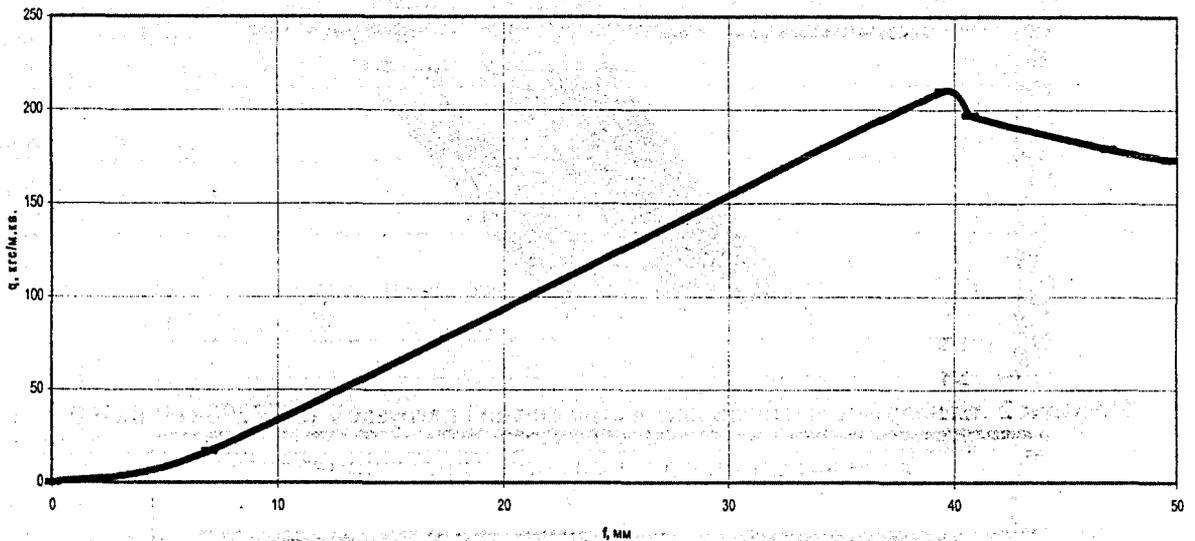


Рисунок 5 – Диаграмма «нагрузка-деформация» трехслойной минераловатной панели, полученная натурными испытаниями. 1ПС 3200×1190×100

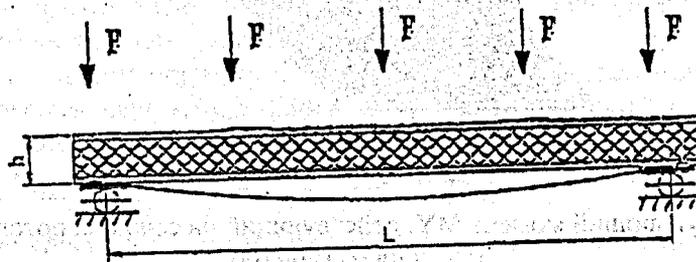


Рисунок 6 – Схема натуральных испытаний панели трехслойной минераловатной.

4. Наибольшей несущей способностью, прочностью при изгибе обладают панели, изготовленные из минеральной ваты Парок 85 (широкий замок) и Парок стандарт (широкий замок).

5. Наибольшей деформативностью (жесткостью), способностью воспринимать нагрузку без прогиба, обладают панели, изготовленные из минеральной ваты Парок 85 (широкий замок).

6. Разрушение панели изготовленной из минеральной ваты Парок 85 (узкий замок) произошло до достижения относительного прогиба 1/150.

7. Панели, изготовленные на первой линии (широкий замок) имеют прочность при изгибе на 31,5 % больше, чем панели, изготовленные на второй линии (узкий замок).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТУ РБ 37430847.166-98 «Панели металлические с утеплителем из минераловатных плит. Технические условия»
2. ГОСТ 17177-94. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний.
3. ГОСТ 12004. Сталь арматурная. Методы испытаний на растяжение.
4. ГОСТ 23486-79. Панели металлические трехслойные стеновые с утеплителем из пенополиуретана. Технические условия.

УДК 624.012.35

Садовский Ю.И.

ПОДАТЛИВЫЕ СТЫКИ КОЛОНН С ФУНДАМЕНТАМИ В ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЯХ СВЯЗЕВОЙ СХЕМЫ

ВВЕДЕНИЕ

Основные достоинства существующих типов каркасов, которые сложились с момента появления сборных железобетонных конструкций, заключаются в членении на отдельные линейные элементы при достаточно простых способах соединения их между собой. Это создавало возможность независимой унификации элементов каркаса, не нарушая его общей компоновки. Подобный подход к каркасу одноэтажного промышленного здания был вполне оправдан до начала 70-х годов, когда применялись в основном бетоны низких марок, размеры сечений были велики и доля напряжений в бетоне от изгиба мала. Однако с появлением конструкций с высокопрочными бетонами и арматурой темпы снижения материалоемкости конструкций при их независимой унификации стали снижаться.

Дальнейшее снижение материалоемкости конструкций тесно связано с необходимостью совершенствования методов расчета, изучения совместной работы конструкций, поиску новых конструктивных форм и решений каркасов одноэтажных промышленных зданий.

Одним из направлений этих работ является разработка схем каркасов, получивших общее название «каркасов с элементами жесткости». В основе этих схем лежит принцип обеспечения работы большинства колонн и фундаментов в основном на местные вертикальные нагрузки. Каркас здания решается следующим образом. Горизонтальные усилия воспринимаются жесткими в плоскости рамы опорами, остальные колонны опираются на фундаменты податливо (степень податливости зависит от конструктивного решения узла сопряжения колонны с фундаментом). Система жестких опор, установленных в продольном и поперечном направлениях, обеспечивает общую устойчивость здания и восприятие всех горизонтальных усилий. Элементами жесткости могут быть жестко заземленные в фундаментах усиленные (анкерные) колонны, в том числе двухветвевое сечения, пристроенные или встроенные многоэтажные части здания (например, административно-бытовые пристройки), вентиляционные вставки, рампы и т.д.

Многообразие видов элементов жесткости и разнообразие компоновочных схем зданий дает возможность скомпоновать достаточно большое число конструктивных схем каркасов одноэтажных промышленных зданий, реализующих этот принцип.

Одним из первых вариантов каркасов зданий с элементами жесткости явился предложенный Проектным институтом №1 (г. Санкт-Петербург), НИИ бетона и железобетона (г. Москва) и Белорусским политехническим институтом (ныне БНТУ) каркас, в котором роль элементов жесткости выполняют колонны большого сечения, расположенные в плоскости каждой поперечной и продольной рамы, расположенные таким образом в виде креста (каркас с крестом жесткости) [1, 2].

Несколько позже в ЦНИИПромзданий (г. Москва) было предложено решение каркаса с элементами жесткости, в котором роль элементов жесткости выполняют двухветвевые колонны-диафрагмы,