



Universitatea Tehnică a Moldovei

**«CONTRIBUTII PRIVIND STUDIUL
CAPACITATII PORTANTE A PANOURILOR DE
TIP SANDWICH»**

Masterand: gr. IS – 1801M

Vladimir CEDIREAN

Conducător: conf. univ. dr.

Vasile COTOROBAI

Chișinău – 2020

REZUMAT

Teza de master pe tema «CONTRIBUTII PRIVIND STIDIUL CAPACITATII PORTANTE A PANOURILOR DE TIP SANDWICH», elaborat in anul 2019 de studentul specialitatii IS-1801M Cedirean Vladimir. Teza de master contine volum de 80 foi, 30 de imagini, 20 de tabele, 75 de formule si o prezentare in power point. In teza de master este explicat istoria panourilor cu trei straturi, specificatii tehnice, comparare modul de forfecare din vata minerala G3 si modul efectiv de forfecare agregat G3 eff, metode de calcul si calcul capacitatii portante a panourilor de tip sandwich. Această lucrare arată că panouri de tip sandwich sunt un material excelent pentru construcția rapidă a diferitelor clădiri și structuri.

Магистерская работа на тему «Вклады в изучение несущей способности сэндвич-панелей», разработанный в 2019 году студентом группы IS-1801М Чедырн Владимиром. Магистерская работа содержит объем в 80 листов, 30 рисунков, 20 таблиц, 75 формул. В работе рассказывается история трехслойных панелей, техническая характеристика, сравнение модуля сдвига минеральной ваты G₃ и величины эффективного модуля сдвига G_{3eff}, методы расчетов и расчет несущей способности сэндвич-панелей. Это работа показывает, что сэндвич-панели являются отличным материалом для быстрого возведения зданий и сооружений.

Содержание

Введение	3
1. История сэндвич панелей	4
1.1 История возникновения и опыт применения трехслойных панелей в строительстве	4
1.2 Краткий исторический обзор основных направлений развития расчётных моделей в теоретических исследованиях работы трёхслойных конструкций с лёгким наполнителем.	15
1.3 ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЭНДВИЧ ПАНЕЛЕЙ	27
2. Метод расчета «сэндвич» панелей	31
2.1 Определение податливости сечений панели над опорами от прогибов опорных конструкций	31
2.1.1 Определение податливости надопорных сечений панели вследствие прогибов прогонов	33
2.1.2. Определение податливости надопорных сечений панели при перемещениях точек закрепления прогонов к несущим конструкциям	35
2.2 Определение величины локального обжатия сечения панели по толщине над крайними опорами	39
2.3 Определение приведённого модуля сдвига среднего слоя панели.....	44
3. Несущая способность панелей	47
3.1. Расчетные геометрические характеристики профилей.....	47
3.2. Нагрузки и воздействия	49
3.2.1. Для стеновых конструкций	49
3.2.2. Для кровельных конструкций	58
3.3 Расчетная несущая способность профилей	60
3.4 Устойчивость профилей на опорах при многопролетной схеме.	62
3.5 Устойчивость стенки профиля.	64
3.6 Прогиб полки профиля.....	65

3.7 Расчет соединений профилей	66
3.8 Несущая способность профилей, усиленных элементами жесткости в составе кровельных конструкций (для пролетов 5 м и более).....	68
3.9 Расчет стеновой конструкции из СП ПС с облицовкой профлистом.....	70
3.10 Расчет стеновой конструкции из СП ПС с облицовкой керамогранитной плиткой.	72
Вывод:.....	77
Библиография:.....	78

Введение

Трёхслойные конструкции в настоящее время получили широкое распространение в современном строительстве в виде панелей различных размеров. Трёхслойные конструкции могут изготавливаться из любых материалов (древесины, металлов, пластмасс), однако наиболее широкое распространение они получили при использовании оцинкованных или окрашенных металлических и полимерных композиционных материалов, из которых могут изготавливаться несущие обшивки. Заполнитель в строительных конструкциях, как правило, изготавливается из полимерных материалов типа пенополистирола, пенополиуретана, пенополиизоцианурата или из базальтовой минеральной ваты. Соединение обшивок и заполнителя друг с другом обеспечивается склеиванием или за счет адгезии материалов при вспенивании среднего слоя.

К основным преимуществам трёхслойных конструкций относятся достаточно большая несущая способность при небольшом собственном весе, хорошие звуко- и теплоизоляция, водо- и паронепроницаемость, а также высокая стойкость к агрессивным средам, быстрый монтаж готовых элементов, что особенно актуально в строительстве.

Стоит отметить, что большое количество задач расчёта трёхслойных конструкций уже рассматривалось в практике авиа- и судостроения, в проектировании элементов космических аппаратов. Но схемы работы строительной конструкции и требования к ней отличаются от тех, что используются в других отраслях, где применение нашли в основном трёхслойные панели с тонкими плоскими обшивками.

В практике инженерного проектирования строительных объектов выбор панелей стен и покрытий в основном проводится по каталогам фирм-производителей, в которых указывается расчетное значение нагрузки, обоснованное, как правило, результатами натурных испытаний. В большинстве случаев в этих каталогах указывается только равномерно распределённая нагрузка для однопролётных или многопролётных схем с равными пролётами, а методика расчета панелей отсутствует. Исключение составляет Еврокод. Но и его методика позволяет провести расчёт трёхслойных панелей с одной из обшивок жесткой на изгиб только по однопролётной схеме. Расчёт по многопролётным схемам возможен лишь для тех панелей, у которых обе обшивки тонкие плоские или слабопрофилированные, пролёты равны, а количество пролётов не превышает трёх.

Характерной особенностью трёхслойных панелей, является то, что в качестве материалов заполнителя в основном применяются либо полимерные композиции из газонаполненных пластмасс, либо орто-тропные минераловатные плиты, волокна которых ориентированы перпендикулярно плоскости конструкции. Под действием нагрузки средний

слой получает значительные деформации сдвига. Это требует разработки методики расчета напряженно-деформированного состояния трехслойной панели с учетом сдвига. Для трёхслойных панелей с наполнителем пенопластового типа, вспениваемым между обшивками при изготовлении конструкции, характерно изменение свойств среднего слоя по толщине сечения. Как показал проведённый обзор современного состояния вопроса, отмеченные проблемы не имеют решения удобного для практического применения ни в отечественной, ни в зарубежной литературе.

Европейские нормы рекомендуют рассчитывать многопролетные панели методом конечных элементов. Однако это требует создания сложных специфических расчетных моделей с включением в них экспериментально определенных свойств материалов. Построение и «отладка» расчетной модели с учётом отмеченных особенностей строения работы реальной конструкции является трудоёмкой задачей, требующей значительных затрат времени и высокой квалификации. Все это затрудняет проектирование и создание новых рациональных конструкций панелей. Разработка методики расчёта напряженно-деформированного состояния «сэндвич»-панелей, учитывающей отмеченные особенности и доступной рядовому проектировщику, позволит обеспечивать рациональное проектирование, повысить надежность их эксплуатации при любых проектных схемах работы и значительно ускорить процесс проектирования.

Поэтому методики расчёта и проектирования трёхслойных панелей с обшивками из металлических и композиционных материалов и легкими наполнителями типа пенопластов и минерало-ватных плит **является актуальной задачей.**

1. История сэндвич панелей

1.1 История возникновения и опыт применения трехслойных панелей в строительстве

Прообразом «сэндвич»-панелей, применяемых в современном строительстве, послужили конструкции, изобретённые и впервые реализованные в проекте «Usonian» 30-х годов прошлого века, автором которого стал американский архитектор и инженер Фрэнк Ллойд Райт (Frank Lloyd Wright) [20]. Решая задачу создания комфортного и доступного малоэтажного жилья, Райт впервые предложил выполнять стены в виде слоёной конструкции, состоящей из трёх слоев досок, проложенных пергамином, и монтировать их из заранее изготовленных щитов и блоков. Похожее решение было применено 1933 году американской