



Рис. 5. Усиление стальными обоймами и наращивание железобетонных колонн

**Выводы.** Перечисленные в статье, приведенные на фото и рисунках конструктивные решения зданий и сооружений при их перепрофилировании, являются примерами из практики авторов, не исчерпывают всё многообразие возможных решений в данной области и свидетельствуют о том, что использование существующих конструкций может дать экономию средств и снизить сроки строительства.

В то же время неучет особенностей работы конструкций при частичном демонтаже может привести к возникновению аварийных ситуаций, а использование резервов несущей способности конструкций может дать значительный экономический эффект.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Стрелецкий Н.С. Основные параметры конструкций промзданий при их перспективном проектировании // Стрелецкий Н.С. Избранные труды. – М.: Стройиздат, 1975. 235с.
2. Реконструкция зданий и сооружений / Под ред. Шагина А.Л. –М.: Высшая школа, 1991. -352с.
3. Пічугін С.Ф., Семко О.В., Трусов Г.М. Аналіз можливості добудови легких сталевих рам // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. науч. трудов. - №35. – Днепропетровск: ПГАСА. – 2005. – С.115-119.
4. Пичугин С.Ф., Семко А.В., Трусов Г.Н. Современные проблемы проектирования стальных несущих конструкций в промышленном и гражданском строительстве // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – Том 1, Номер 1. – Макіївка, ДонНАСА. -2005. – с.53-66.
5. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия / Госстрой СССР. – М.: ЦНТП Госстроя СССР, 1986.-36с.
6. ДБН В.1.2.- Навантаження і впливи. Норми проектування (проект). – К.: 2005.
7. Пічугін С.Ф., Семко О.В., Трусов Г.М. Аналіз конструктивних рішень надбудови малоповерхових будинків // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. науч. трудов. - №30 - Днепропетровск: ПГАСА. – 2004. – С.162-166.
8. Шагин А.Л., Избаш М.Ю., Асанов В.В., Шемет О.Н. Особенности предварительного напряжения сталежелезобетонных конструкций // Будівельні конструкції. Вип. 59. – К.: НДІБК. – 2003. – С.565-570.

#### УДК 539.3

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТРЕХСЛОЙНЫХ ПАНЕЛЕЙ С УТЕПЛИТЕЛЕМ ИЗ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА

А.В. Плеханов, д.т.н., проф., А.А. Тытюк к.т.н., доц.,  
М.И. Свитлинец, В.Л. Лодягин\*

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры  
\*Завод "Мастер-Профи"

**Постановка проблемы и ее связь с важными научными и практическими заданиями.** Современный этап развития строительного дела,

обусловленный дефицитом энергоносителей, требует поиска новых эффективных строительных конструкций. В последние годы в Украине увеличились объемы применения в ограждающих конструкциях зданий и сооружений стеновых и кровельных трехслойных металлических сэндвич-панелей с минераловатным утеплителем, отличающихся легким весом, эффективной теплозащитой, быстротой монтажа и пожаробезопасностью. К таким изделиям относятся сэндвич-панели, выпускаемые ООО «Мастер Профи».

Трёхслойная пластина (сэндвич – панель) состоит из двух тонких внешних слоёв (обшивок), связанных между собой слоем относительно маложесткого и легкого заполнителя, обеспечивающего совместную работу внешних слоёв (рис. 1).

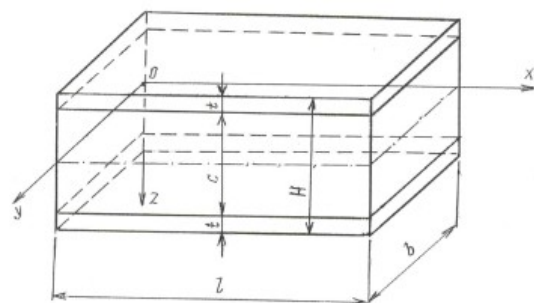


Рис. 1 Трёхслойная панель

Для обшивок сэндвич-панелей «Мастер-Профи» применяется оцинкованную сталь толщиной 0,5 мм с полимерным покрытием. В качестве заполнителя используется базальтовая вата с ориентированными (перпендикулярно обшивкам) волокнами, обладающая высокой тепло- и звукоизолирующей способностью. Материалы имеют следующие технические характеристики. **Заполнитель:** модуль упругости при сжатии -  $E_c = 7\text{МПа}$ ; модуль поперечного сдвига -  $G_c = 5\text{МПа}$ ; предел прочности при сжатии -  $75\text{кПа}$ ; предел прочности на разрыв -  $150\text{кПа}$ . **Обшивка (оцинкованная сталь):** модуль упругости -  $E = 2 \cdot 10^5\text{МПа}$ ; коэффициент Пуассона -  $\nu = 0,3$ .

**Анализ последних исследований и публикаций.** Для выполнения работы использовались теоретические методы, которые рассмотрены в [1, 2]. При решении поставленных задач воспользуемся технической теорией изгиба трёхслойных пластин [1, 2], основанной на следующих гипотезах:

1. Для тонких обшивок принимается гипотеза прямых нормалей, не учитываются поперечные деформации и поперечные нормальные напряжения.
2. Тангенциальные перемещения по толщине заполнителя изменяются по линейному закону. Как и для обшивок, поперечные нормальные напряжения и деформации не учитываются.

**Формулировка целей исследований.** В соответствии с заданием заказчика (завода «Мастер-Профи») объектами исследования являются

сэндвич-панели со следующими параметрами: длина  $l = 2, 3, 6, 9\text{ м}$ ; толщина  $H = 100, 150\text{ мм}$ ; ширина  $b = 1200\text{ мм}$ . Сэндвич-панели, шарнирно опертые по ширине и свободные по длинным краям, находятся под действием равномерно распределенной поперечной нагрузки  $q$ .

Требуется определить несущую способность панелей (допустимые нагрузки  $q$ ) с учетом условия, что максимальный прогиб  $w$  не должен превышать  $1/200$  продёта  $l$ , и построить диаграммы зависимости  $q$  от длины и толщины панелей.

Для проверки теоретических исследований были проведены экспериментальные испытания панелей толщиной  $100\text{ мм}$  и длиной  $2, 3, 6\text{ м}$ .

**Изложение основного материала.** Разрешающие уравнения и зависимости следующие: разрешающее дифференциальное уравнение поперечного изгиба трёхслойной панели имеет вид:

$$\frac{DBc}{G_c} \nabla^2 \nabla^2 \nabla^2 \Phi - D_0 \nabla^2 \nabla^2 \Phi = -q, \quad (1)$$

где  $\Phi$  – функция перемещений, после определения которой находятся перемещения панели, и в частности прогиб  $w(x,y)$

$$w(x,y) = \Phi - \frac{B_c}{2G_c} \nabla^2 \Phi,$$

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}; \quad D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)};$$

$$B = \frac{Et}{1-\nu^2}; \quad D_0 = 2D + B(c+t) \quad (2)$$

Решение уравнения (1) с учетом граничных условий и характера действующей нагрузки позволяет определить напряжения и перемещения в обшивках и заполнителе панели.

Приведем здесь необходимое для решения задачи о действии поперечной нагрузки  $q$  выражение для максимального прогиба  $w$  с учетом упругих и геометрических параметров сэндвич-панелей «Мастер-Профи».

$$w = k \cdot q \cdot l, \quad (3)$$

где

$$k = 1.43 \cdot 10^{-13} \left(\frac{l}{H}\right)^3 \cdot \left[1 + 1.75 \cdot 10^{-5} \left(\frac{H}{l}\right)^2 \frac{t}{H}\right]. \quad (4)$$

Принимая  $w=1/200$  из выражения (3) с учетом (4), получим допустимую нагрузку  $q$

$$q = \frac{1}{200k}. \quad (5)$$

Результаты расчета представлены на рис. 2 в виде диаграмм зависимости допустимой нагрузки  $q$  от длины  $l$  и толщины панели  $H$  при  $t = 0,5\text{ мм}$ .

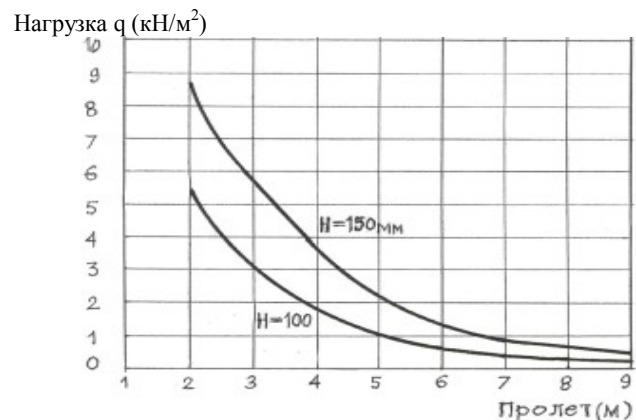
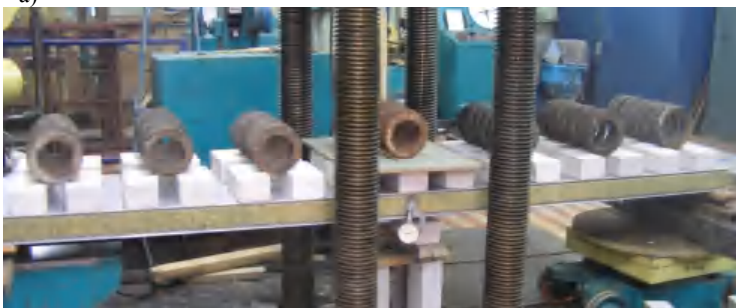


Рис. 2.

**Экспериментальные исследования.** С целью проверки полученных результатов были проведены экспериментальные исследования. Для проведения испытаний по определению несущей способности панелей была разработана установка и методика в соответствии с [3].



а)



б)

Рис. 3. Общий вид панелей под нагрузкой пролетом 6м (а) и 3м (б).

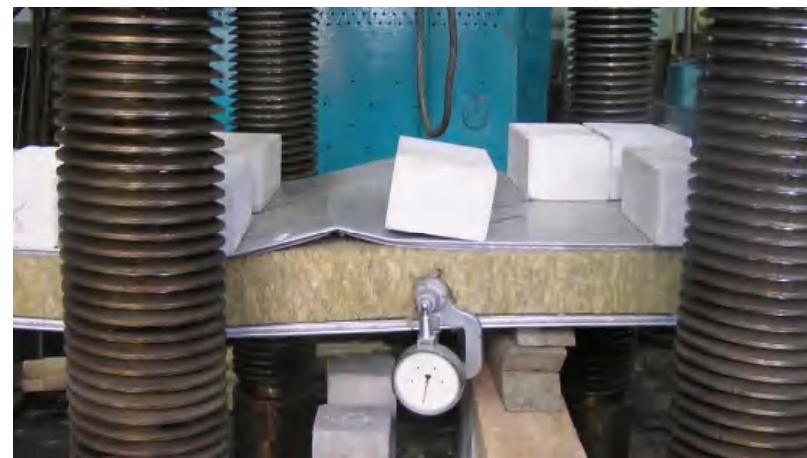


Рис.4 Характер разрушения плит длиной 6м



Рис. 5 Характер разрушения плит длиной 2м и 3м

Плиты длиной 2м, 3м, 6м и толщиной 100мм нагружались равномерно распределенной нагрузкой с помощью штучных грузов (рис. 3). Для получения зависимости нагрузка-прогиб с помощью прогибомеров снимались значения прогибов посередине пролета на каждом этапе загрузки.

При достижении разрушающей нагрузки шестиметровые плиты разрушались посередине пролета в результате деформации и отслоения

верхнего слоя металла (рис. 4). Двух- и трехметровые плиты разрушались в приопорной части от действия поперечной силы и поперечного сдвига заполнителя (рис. 5)

Графики зависимости прогибов панелей толщиной 100 мм и пролетами 2м, 3м и 6м от величин равномерно распределенной нагрузки представлены на рис. 6.

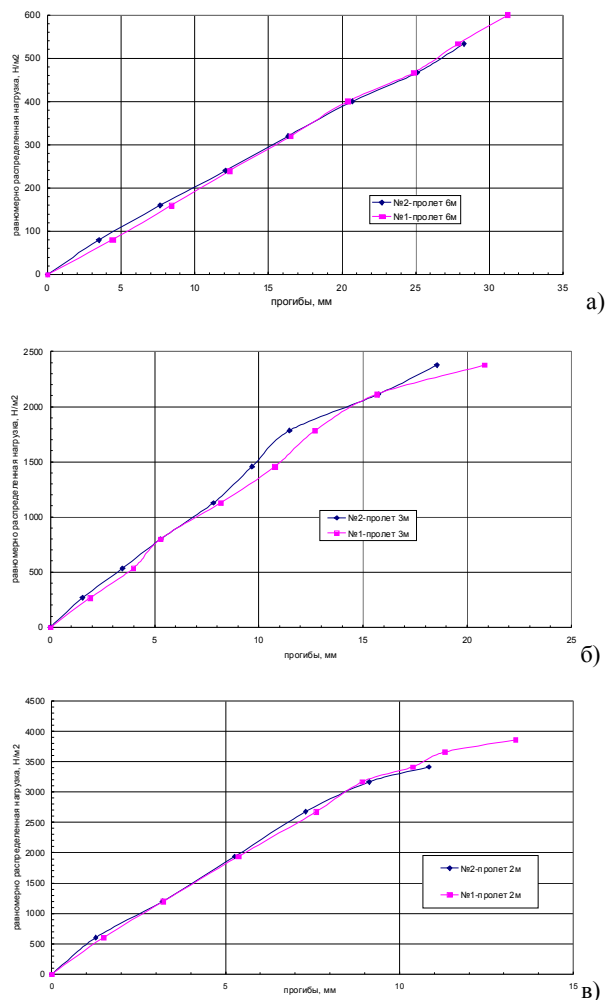


Рис. 6 Результаты испытаний трехслойных панелей пролетом 6м (а), 3м (б) и 2м (в)

Результаты показывают, что предельное состояние всех типоразмеров панелей наступает практически одновременно, как по первой группе (по прочности), так и по второй группе предельных состояний (по деформациям). При этом исходим из условия, что предельный прогиб во всех случаях принят  $1/200 l$ .

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** По результатам экспериментальных испытаний наиболее точно подтверждены теоретические значения несущей способности для плит длиной 6м. Допустимая равномерно распределенная нагрузка для них составила 520- 560 Н/м<sup>2</sup>.

Для двухметровых и трехметровых панелей допустимая равномерно распределенная нагрузка составила соответственно 2100 и 3400 Н/м<sup>2</sup>. Экспериментальные значения для коротких панелей оказались на 30 % ниже расчетных. Это можно объяснить влиянием поперечных сил на прочность и деформативность панелей. Очевидно, под их воздействием на поперечных стыках блоков заполнителя, которые попадают в приопорную часть, проявляются дефекты в виде взаимного смещение этих блоков, и как следствие происходит ослабление этих сечений. Поэтому эти вопросы требуют более детального изучения и исследования.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Александров А.Я., Брюккер Л.Э., Куршин Л.М., Прусаков А.П. Расчет трехслойных панелей. М.: Оборонгиз, 1960. – 270 с.
2. В.Н.Кобелев, Л.М.Коварский, С.И.Тимофеев. Расчет трехслойных конструкций. М.: Машиностроение, 1984. – 304 с.
3. ГОСТ 23486-79 Панели металлические трехслойные стеновые с утеплителем из пенополиуретана.

УДК 691:699.86.002.3

#### ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО НЕОРГАНИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА «СТТИЗОЛЬ»

А.Н. Пешинько, д.т.н., профессор, А.В. Краснюк, к.т.н., В.Н. Гребенников, с.н.с., И.В. Колодкин, инженер, Н.В. Савицкий\*, д.т.н.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. Академика В. Лазаряна

\*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

#### Введение

Известно, что на теплоснабжение зданий в Украине ежегодно расходуется 43 миллиона тонн условного топлива. Это составляет 45 процентов от общего потребления энергоресурсов страны. В коммунальном хозяйстве на единицу жилой площади в Украине расходуется в 2-3 раза больше энергии, чем в странах Европы. Так, жилые многоэтажные здания потребляют от 350 до 550 кВт ч/м<sup>2</sup> в год, индивидуальные дома коттеджного типа - от 600 до 800 кВт