

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ СИП-ПАНЕЛЕЙ НА ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ

Ю.В. Сизов, П.В. Куляев

© Сизов Ю.В., Куляев П.В., 2024

*Аннотация.* В статье рассматривается способ испытания на прочность при изгибе панелей из полимерных материалов, которые позволяют снизить стоимость жилья для населения.

*Ключевые слова:* СИП-панель, панели из полимерных материалов, прочность, испытания, поперечный изгиб, предельно допустимая нагрузка.

В настоящее время в жилищном строительстве широко используется структурно-изолированные панели (СИП, от английского SIP – Structural Insulated Panel), состоящие из двух ориентированно-стружечных плит (ОСП, или OSB – от англ. *Oriented Strand Board*), между которыми под давлением приклеивается слой твердого утеплителя (пенополистирола) либо закачивается пенополиуретан (PUR) (рис. 1) [1].



Рис. 1. СИП-панель

Здания из СИП-панелей имеют большое преимущество по сравнению с домами из других материалов, так как строительство осуществляется круглогодично, в короткие сроки, по завершении строительства не требуется утепление ограждающих конструкций.

Первые линии по производству домов по технологии СИП (SIP) в Россию в 2003 году поставила компания Eсо Pancorporation (Калгари, Канада) (ныне – SIPSTECH Manufacturing Solutions) [2]. Первым объектом, построенным по технологии СИП (SIP), стал выставочный дом компании «Город мастеров на ВВЦ», открытый в декабре 2003 года [5]. В России с 2008 года существует аналогичная организация – «Ассоциация домо-строительных технологий СИП» [4].

С целью определения прочности и деформативности СИП-панелей при поперечном изгибе были проведены экспериментальные исследования в лаборатории кафедры конструкций и сооружений инженерно-строительного факультета ТвГТУ.

СИП-панель является разновидностью сэндвич-панели. Схема и порядок проведения испытаний были приняты в соответствии с ГОСТ 32603-2012 «Панели металлические трехслойные с утеплителем из минеральной ваты. Технические условия» [3]. Схема испытаний приведена на рис. 2.

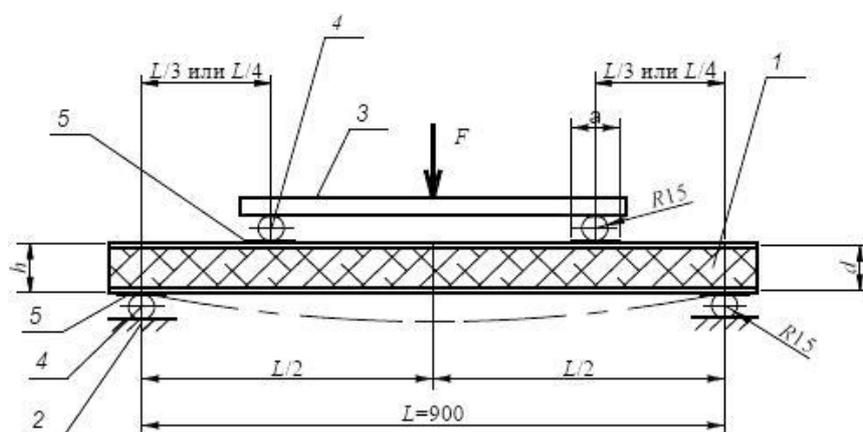


Рис. 2. Схема испытания образца на поперечный изгиб:

- 1 – испытуемый образец;
- 2 – опорная поверхность;
- 3 – распределительная балка;
- 4 – стальные цилиндрические опоры радиусом 15 мм;
- 5 – прокладки: стальная сечением 5 x 60 мм и деревянная (или фанерная) сечением 15 x 60 мм

Испытания проводились на испытательном стенде. Нагрузка от гидравлического домкрата передавалась через траверсу на испытуемый образец через две опоры (подвижная опора – труба, неподвижная опора – сваренные уголок – швеллер). Показатели прогиба определяли при помощи прогибомера Максимова с ценой деления 0,1 мм.

При проведении испытаний панелей перекрытия на поперечный изгиб изделия нагружались до предельно допустимой нагрузки, замерялся прогиб, после чего производилось нагружение до потери несущей способности панели. Потеря изделиями несущей способности характери-

зовалась такими признаками, как отслоение листов OSB от пенополистирола, наклонные трещины по телу утеплителя, трещины в ребрах жесткости.

В процессе испытаний регистрировались следующие данные:

значение нагрузки и соответствующий ей прогиб;

максимально допустимый прогиб;

разрушающая нагрузка, характер разрушения;

ширина раскрытия трещин и нагрузка, предшествующая их образованию.

На каждый образец предполагалось произвести десять загрузений, которые производились с учетом следующих требований:

нагружение выполнялось поэтапно, т.е. ступенями, значение нагрузки на каждом этапе не превышало 20 % от максимальной;

на каждом новом этапе нагружения нагрузка во всех точках приложения возрастала пропорционально;

при каждом новом нагружении изделие выдерживалось под нагрузкой в течение 10 мин;

величина прогиба фиксировалась в начале и конце каждой ступени нагружения;

проводился осмотр изделий на наличие трещин и деформаций.

Непосредственное наблюдение за изменением прогибов и деформаций осуществлялось до достижения нагрузки, равной 80 % от максимальной, после чего наблюдение проводилось на безопасном расстоянии при помощи оптических приборов и средств защиты.

При испытании принимались меры по предотвращению обрушения панелей. Страховочной опорой служило основание испытательного стенда, так как подъем панели над основанием стенда невелик.

Программа испытаний включала в себя испытание четырех образцов эталонных размеров: 174 x 622 x 2 800 мм.

Образцы I и II (панели ПП-01) – эталонные, использовались для определения максимально допустимой нагрузки, которую может выдержать панель перекрытия как отдельное изделие.

Образцы III и IV (панели ПП-02) – с ребрами жесткости по контуру панели (усиленные), позволили получить значение максимально допустимой нагрузки при работе панели в составе перекрытия.

При проведении испытаний образцы подвергались нагрузке до определенного теоретического значения и, если не теряли несущую способность, нагружались до разрушающей нагрузки. В процессе проведения испытаний была выявлена нагрузка, при которой начиналось образование трещин в продольных ребрах жесткости панелей.

В результате обработки результатов испытаний были получены данные по нагрузке, при которой начинали образовываться трещины ( $P_{\text{тр}}$ ), и разрушающей нагрузке ( $P_{\text{пр}}$ ), а также предельно допустимый прогиб ( $f_{\text{ult}}$ ).

Для образцов I и II (ПП-01)  $R_{срс} = R_{пр} = 530$  кгс,  $f_{ult} = 4,6$  мм, для образцов III и IV (ПП-02)  $R_{срс} = 530$  кгс,  $R_{пр} = 1\,777$  кгс,  $f_{ult} = 6,9$  мм.

Данные эксперимента показали разницу между панелями как изделием (образцы ПП-01) и панелями как частью конструкции (образцы ПП-02).

Образцы разрушались по телу утеплителя и ребрам жесткости. Листы ОСП придают упругость панелям и увеличивают их сопротивляемость изгибу.

В результате было установлено, что на несущую способность СИП-панелей влияют:

1) качество поклейки листов ОСП к плитам пенополистирола. Как показали испытания, несущая способность панелей может быть потеряна при отклейке листов ОСП;

2) качество древесины, так как основную нагрузку несут ребра жесткости (лаги, стойки, балки), зашитые между панелями;

3) качество крепежа, соединяющего панель с ребрами жесткости. При испытаниях в местах крепежа ребер жесткости на опорах происходил сдвиг и вырывание саморезов, закрепляющих листы ОСП.

#### **Библиографический список**

1. Структурные изолированные панели. URL: <https://www.ilya-stroy.ru/blog/polezno/strukturnye-izolirovannye-paneli/> (дата обращения: 02.02.2024).

2. Объективный взгляд на SIP-панели. URL: <http://www.associaciasip.ru/istoriya> (дата обращения: 02.02.2024).

3. ГОСТ 32603-2012. Панели металлические трехслойные с утеплителем из минеральной ваты. Технические условия. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200109848> (дата обращения: 02.02.2024).

4. Ассоциация домостроительных технологий SIP. URL: <https://associaciasip.ru/biblioteka-sip/tehnicheskie-resheniya> (дата обращения: 02.02.2024).

5. Конструктивная изоляционная панель. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Структурная\\_изолированная\\_панель](https://ru.wikipedia.org/wiki/Структурная_изолированная_панель) (дата обращения: 02.02.2024).

## **EXPERIMENTAL STUDIES OF THE STRENGTH AND DEFORMABILITY OF SIP PANELS FOR TRANSVERSE BENDING**

**Yu.V. Sizov, P.V. Kulyaev**

***Abstract.** The article discusses a method for testing the bending strength of panels made of polymer materials, which can reduce the cost of housing for the population.*

**Keywords:** SIP-panel, panels made of polymer materials, strength, tests, transverse bending, maximum permissible load.

Об авторах:

СИЗОВ Юрий Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры конструкций и сооружений ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: uvsizov1961@yandex.ru

КУЛЯЕВ Павел Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры конструкций и сооружений ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: p.kuliaev@yandex.ru

About the authors:

SIZOV Yury Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: uvsizov1961@yandex.ru

KULYAEV Pavel Viktorovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: p.kuliaev@yandex.ru

**УДК 691.58**

## **К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЛЕГКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ БЕТОНА**

**В.И. Трофимов, М.А. Смирнов, И.Е. Лакисов,  
А.Г. Смирнов, И.Д. Чурилин**

© Трофимов В.И., Смирнов М.А., Лакисов И.Е.,  
Смирнов А.Г., Чурилин И.Д., 2024

**Аннотация.** Рассмотрен вопрос повышения эффективности технологии получения легкого заполнителя бетона – заменителя керамзитового гравия на основе использования местных ресурсов: торфа и сапропеля. Разработаны основные технологии по изготовлению гранул повышенного сцепления одной формы и размеров, включающие новые оригинальные операции: приготовление двухкомпонентной органоминеральной смеси и формование экструзией многоветьевого крученого жгута, что позволяет отказаться от двух операций, используемых в аналогах: окатывания на тарельчатых грануляторах и грохочения.