

УДК 624.073-415/419

Хайруллин Л.Р. – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: lenar76@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

## Усиление зоны стыка заполнителя в трехслойных панелях

## Аннотация

При изготовлении трехслойных панелей с металлическими обшивками и средним слоем из листов пенополистирола по непрерывной технологии, в готовых панелях возникает поперечный стык среднего слоя, расположенный произвольно по длине панели. С целью повышения несущей способности панелей, предложено новое техническое решение со вставкой в месте стыка. В статье приведены результаты численных исследований моделей трехслойных панелей различной толщины и вставкой в месте стыка заполнителя и без вставки. Численные расчеты показали, что наличие вставки в месте стыка значительно снижает максимальные напряжения в заполнителе и существенным образом повышает несущую способность панели на действие поперечной силы (на 69-138 %).

**Ключевые слова:** трехслойная панель, сэндвич-панель, стык заполнителя, прочность заполнителя.

При изготовлении трехслойных панелей с металлическими обшивками и средним слоем из листов пенополистирола по непрерывной технологии, в готовых панелях возникает поперечный стык среднего слоя, расположенный произвольно по длине панели [1]. С целью увеличения несущей способности трехслойной панели с заполнителем, имеющим сплошной поперечный стык на всю ширину панели, например, из отдельных листов ППС, на действие перерезывающей силы в месте стыка автором с коллективом соавторов было разработано техническое решение с применением вставки из профилированного листа в месте стыка [2].

Трехслойная панель, включающая верхнюю 1 и нижнюю 2 обшивки, соединённые между собой на клею слоем пенополистирола 3, состоящего из отдельных по длине листов, отличается тем, что между собой по длине листы пенополистирола 3 на всю их ширину соединены отрезком профилированного листа 4, вдавленного в торцы стыкуемых листов пенополистирола 3 (рис. 1). Отрезок профилированного листа обладает повышенной жесткостью на срез и способен более эффективно воспринимать перерезывающую силу, чем сечение заполнителя, ослабленное наличием стыка.

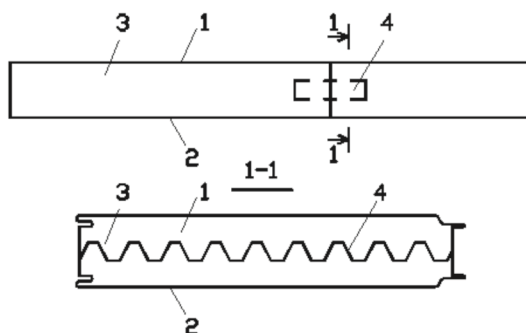


Рис. 1. Схема трехслойной панели со вставкой из профилированного листа

Однако разработанное техническое решение, позволяющее увеличить не только несущую способность, но и эксплуатационную надежность трехслойных панелей, потребовало проведения численных исследований конечно-элементных моделей с изучением распределения компонентов НДС в обшивках, а также в элементах заполнителя, особенно прилегающих к стыкам.

Численное исследование моделей трехслойных панелей с различным расположением стыка проведено на ВК «Ли́ра-9.4». Для рассмотрения принята плоская конечно-элементная модель. Моделировалось 150 вариантов трехслойных панелей толщиной 50, 100 и 150 мм с расположением поперечного стыка заполнителя на расстоянии 50, 300 и 600 мм от опоры и вставкой с геометрическими характеристиками профлиста Н44-1000-0,7 длиной 2-14 см, с шагом 2 см. При этом панели моделировались как без непоклей, так и с непоклеем величиной 10-40 мм.

В результате численного расчета панелей со вставкой из профлиста выявлены следующие предельные состояния конструкции: потеря устойчивости верхней сжатой обшивки и достижение заполнителем предела прочности. Здесь рассматривается техническое решение, направленное только на уменьшение напряжений в заполнителе, т.е. на увеличение несущей способности панели от действия поперечной силы.

Численные расчеты показали, что наличие вставки в месте стыка существенно уменьшает максимальные напряжения в заполнителе. При этом величина напряжения также зависит от длины вставки. Результаты исследований напряженного состояния панелей со вставкой на расстоянии 300 мм от опоры, разной толщины и с величиной непоклей 0-40 мм в зависимости от наличия и длины вставки представлены на рис. 2-6.

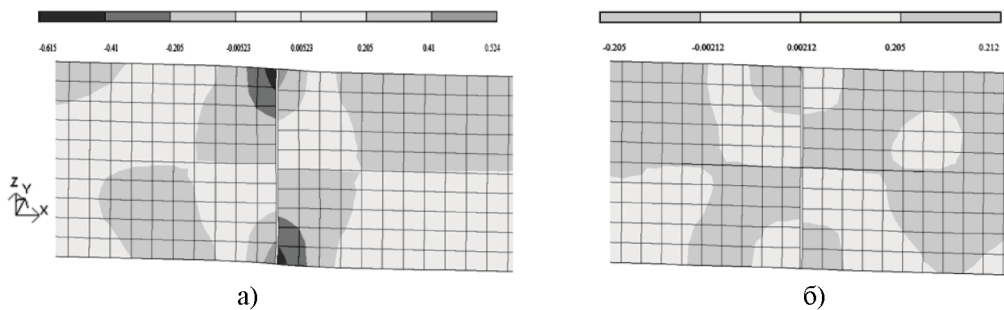


Рис. 2. Изополя напряжений  $\sigma_z$  (МПа·10<sup>-1</sup>) в среднем слое панели толщиной 100 мм вблизи стыка на расстоянии 300 мм от опоры (без непоклей): а – без вставки; б – со вставкой 12 см

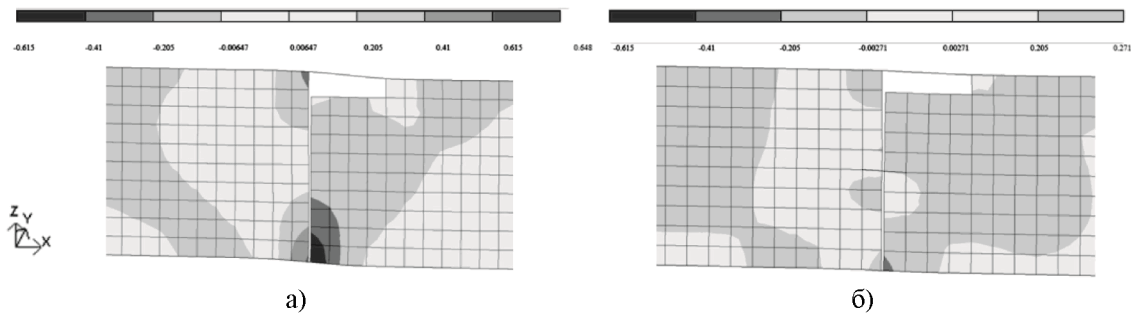


Рис. 3. Изополя напряжений  $\sigma_z$  (МПа·10<sup>-1</sup>) в среднем слое панели толщиной 100 мм вблизи стыка на расстоянии 600 мм от опоры (непоклей 40 мм): а – без вставки; б – со вставкой 2 см

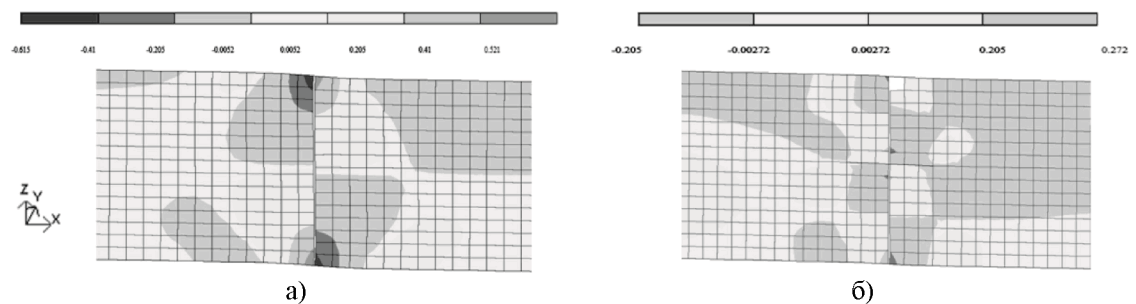


Рис. 4. Изополя напряжений  $\sigma_z$  (МПа·10<sup>-1</sup>) в среднем слое панели толщиной 150 мм вблизи стыка на расстоянии 300 мм от опоры (непоклей 10 мм): а – без вставки; б – со вставкой 3 см

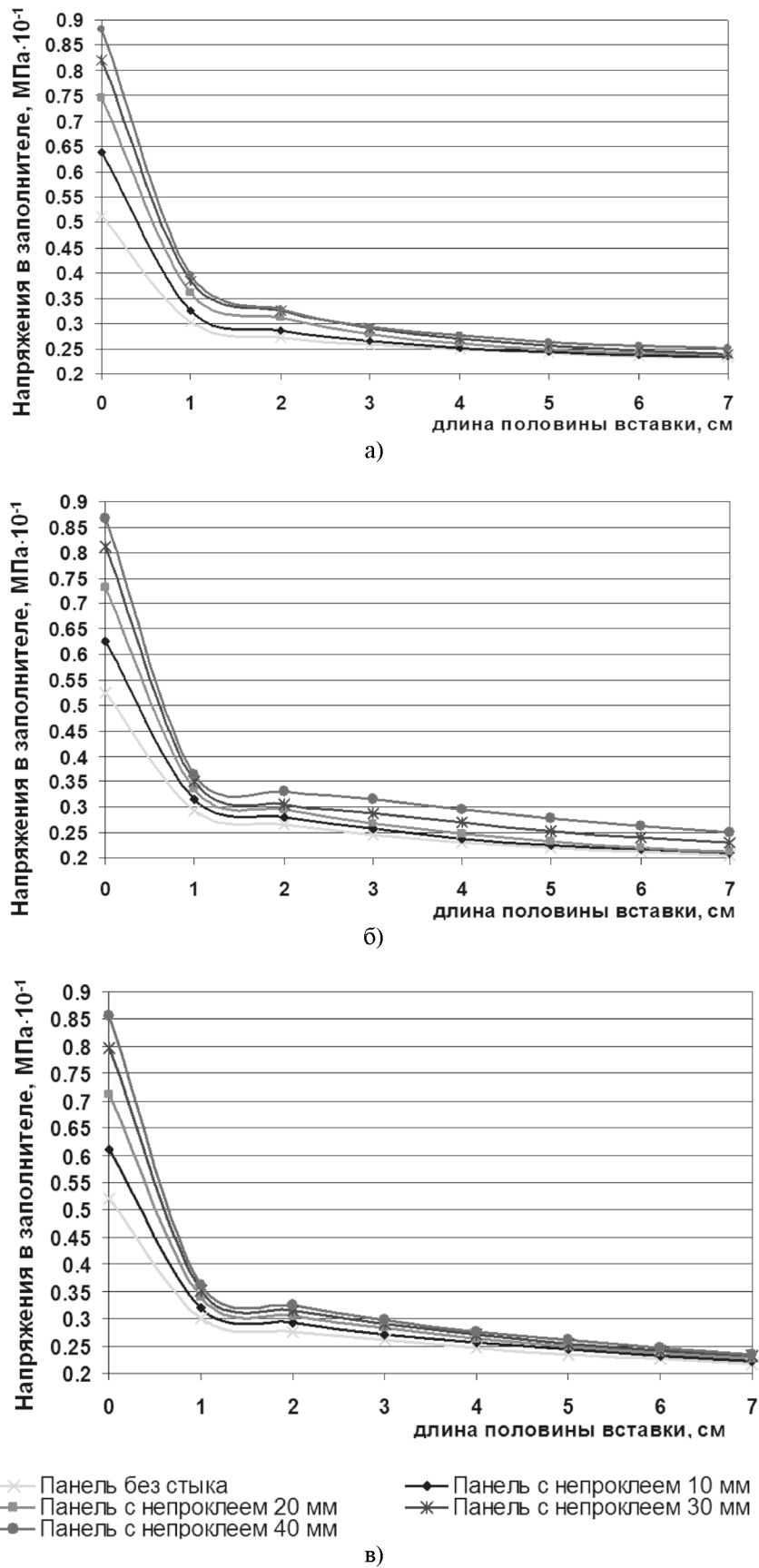


Рис. 5. Максимальные напряжения в заполнителе трехслойных панелей от нагрузки 1 кПа в зависимости от наличия и величины вставки в месте стыка:  
 а – панель толщиной 50 мм; б – панель толщиной 100 мм; в – панель толщиной 150 мм

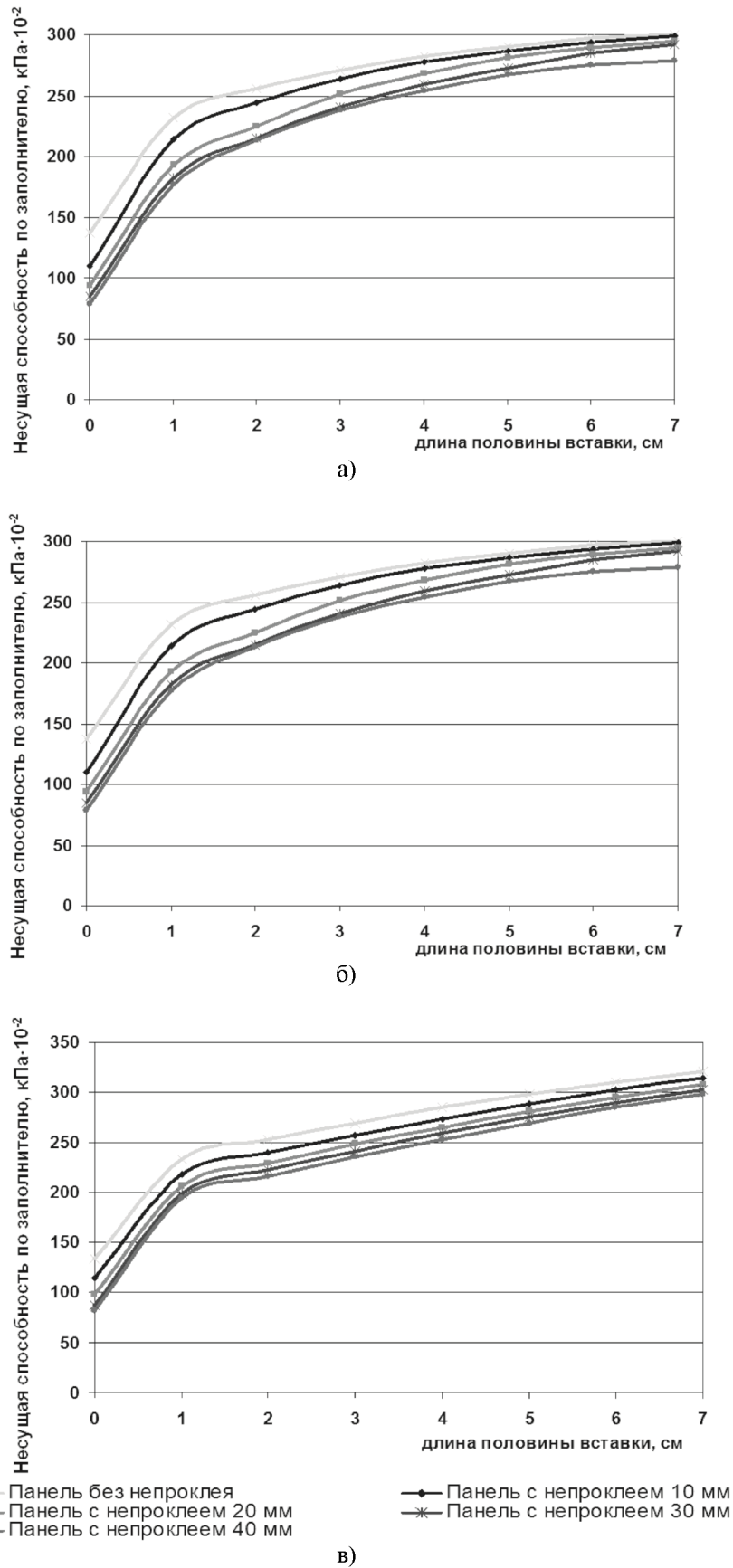


Рис. 6. Несущая способность трехслойных панелей по прочности заполнителя в зависимости от наличия и величины вставки в месте стыка: а – панель толщиной 50 мм; б – панель толщиной 100 мм; в – панель толщиной 150 мм

Таким образом, можно сделать вывод о том, что уже само наличие вставки значительно снижает максимальные напряжения в заполнителе и существенным образом повышает несущую способность панели на действие поперечной силы (на 69-138 %). Для панелей с непроклеем заполнителя эффективность вставки выше (рис. 7), т.е. чем больше непроклей, тем значительней повышается несущая способность по сравнению с панелью без стыка. При этом толщина панели несущественно влияет на напряжения в заполнителе на стыке. Увеличивая длину вставки в месте стыка, мы также можем дополнительно увеличить несущую способность панели на действие поперечной силы. Например, при вставке длиной 14 см (на графиках – длина половины вставки 7 см) несущая способность дополнительно увеличивается на 29-60 %. Однако при увеличении длины вставки более чем на 6-8 см уменьшение напряжений носит умеренный характер (еще на 6-19 %), т.е. затухает. В связи с вышеуказанным, а также по технологическим причинам можно принять оптимальной длину вставки в месте стыка равной 6-8 см вне зависимости от толщины панели.

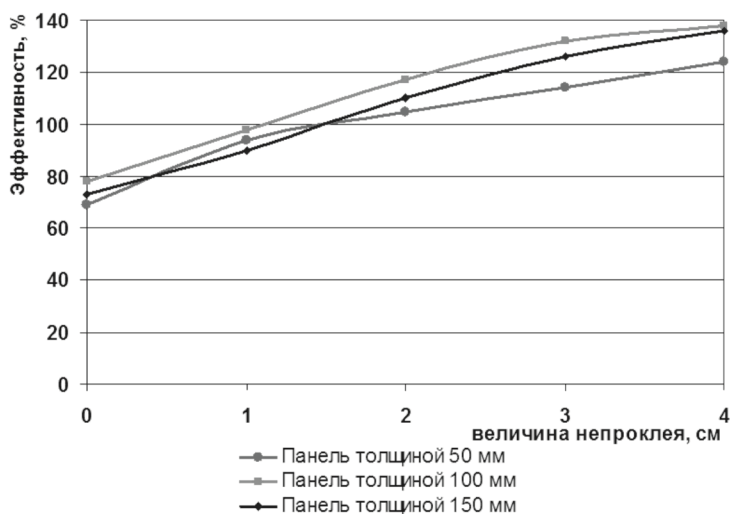


Рис. 7. Эффективность применения вставки в зависимости от наличия и величины непроклея в месте стыка

### Список библиографических ссылок

1. Новые формы легких металлических конструкций / Под общ. ред. В.И. Трофимова. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М., 1993. – 286 с.
2. Пат. 2204666 Российская Федерация. – М. Кл. 7 Е 04 С 2/26. Трехслойная панель / Кузнецов И.Л., Хайруллин Л.Р., Соколов И.И., Давлетшина Ф.И.; заявитель и патентообладатель КазГАСА. № 2001108554/03; заявл. 30.03.01; опубл. 20.05.03, Бюл. №14. – 3 с.

**Khairullin L.R.** – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: lenar76@rambler.ru

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

### Reinforcement of the butt joint area of the middle layer in sandwich panels

#### Resume

During the manufacturing of sandwich panels by uninterrupted technology, with outer layer from steel sheets and middle layer from geofom, in finished sandwich panels the middle layer always has a butt joint which randomly located in longitudinal direction of the panel. One of the resistant factors of sandwich panels during the carrying lateral load is a failure of the middle layer in butt joint area. In order to increase the load capacity of panels the way which it

has to be done was invented which includes insertion of reinforce element into the butt joint of the middle layer. This solution was patented in Russia. In the paper the results of numerical studies of different sandwich panel models with varying thickness and with reinforce element and without it are reviewed. Also the varying location of the butt joint of the middle layer and existence of the non-glued areas between the outer layer and middle layer in but joint zone were researched. Calculations showed that the reinforce element inside the butt joint area significantly reduces the maximum stress in the middle layer and strongly increases the load capacity of the whole panel during the carrying lateral force (from 69 up to 138 %). The stress value in the middle layer depends on the length of the reinforce element, at the same time the thickness of the panel slightly affects on stress values.

**Keywords:** three-layer panel, sandwich panel, joint filler, the strength of the filler.

### Reference list

1. New forms of light metal structures / Ed. Ed. V.I. Trofimov. TsNIISK. V.A. Kucherenko. – M., 1993. – 286 p.
2. Patent 2204666 Russian Federation, Moscow, Cl. 7 E 04 C 2/26. Three-layer panel / Kuznetsov I.L., Khayrullin L.R., Sokolov I.I., Davletshina F.I. applicant and patentee KazGASA. № 2001108554/03; appl. 30.03.01, publ. 20.05.03, Bull. № 14. – 3 p.