



УДК 624.073-415/419

Л.Р. Хайруллин – ассистент

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТРЕХСЛОЙНЫХ ПАНЕЛЕЙ С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ СТЫКОМ СРЕДНЕГО СЛОЯ

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. Одним из предельных состояний трехслойных конструкций при поперечном изгибе является местная потеря устойчивости сжатой обшивки. В статье приведены результаты численных исследований моделей трехслойных панелей. Рассматриваются варианты моделей с различным расположением стыка по длине. Получены зависимости между координатой расположения стыка и несущей способностью панели. Показано, что потеря устойчивости сжатой обшивки происходит у панелей со стыком, расположенным в средней части (1/4-1/3 до 1/2 пролета), и панелей без стыка. В панелях со стыком потеря устойчивости происходит в месте стыка. Указанные результаты имеют хорошую сходимость с данными ранее выполненных экспериментальных и теоретических исследований.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Трехслойная панель, стык среднего слоя, местная потеря устойчивости.

L.R. Khairullin – assistant

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

RESULTS OF NUMERICAL INVESTIGATION OF THREE LAYERS PANEL WITH TECHNOLOGICAL JOINTS IN THE MIDDLE LAYER

ABSTRACT

During the manufacture of three layers panels with a metal shell and the middle layer from polystyrene foam sheets, based on a continuous technology, it is occurred that the final panel has a cross joint of medium layer, which is located randomly along the length of the panel. One of the limiting conditions of three layers structures under transverse stress is the local loss of stability of the compressed shell. The article presents the results of numerical studies of models of three layers panels. The options for models with different location of the junction length are considered. The dependencies between coordinates of the junction and the bearing capacity of the panel are received. The loss of stability occurring in the compressed shell panels with joints, located in the middle part (1/4-1/3 to 1/2 span), and in the panels without junction is shown. In panels with junction the loss of stability occurs in the place of the junction. These results have good convergence with the data of previously carried out the experimental and theoretical studies.

KEYWORDS: Three layers panel, junction of middle layer, the local loss of stability.

При изготовлении трехслойных панелей с металлическими обшивками и с заполнителем из отдельных листов пенополистирола по непрерывной технологии в готовых панелях возникает поперечный стык листов заполнителя, расположенный по длине панели, в общем случае произвольно. Наличие стыка приводит к образованию в зонах, прилегающих к стыку, непрочной обшивки, который, как показывает практика, может достигать величины до 40 мм [1].

Проведенные испытания трехслойных панелей со стыком среднего слоя на поперечный изгиб [2] показывают, что их разрушение происходит из-за потери прочности среднего слоя и местной потери устойчивости сжатой обшивки в месте стыка. В этом

случае задача механики деформируемого твердого тела оказывается нелинейной. Одним из эффективных методов решения таких задач является метод конечных элементов.

Численное исследование моделей трехслойных панелей с различным расположением стыка проведено на ВК «Лири-9.4». Для рассмотрения принята плоская конечно-элементная модель. Т.о. обшивки моделировались стержневыми конечными элементами, средний слой – пластинчатыми, с разбивкой по высоте и длине по 1 см. Рассматривались несколько вариантов моделей трехслойных панелей пролетом 3 м и толщиной 100 мм, с различным расположением стыка по длине среднего слоя от 0 до

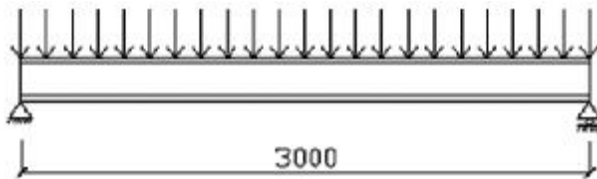


Рис. 1. Расчетная схема трехслойной панели

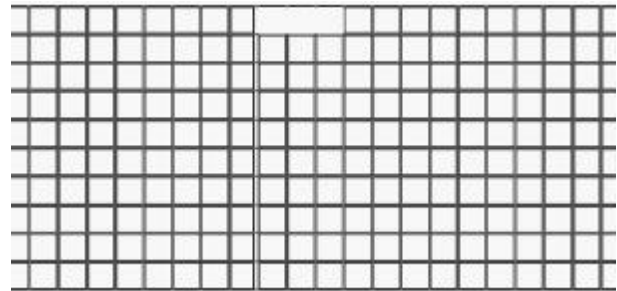


Рис. 2. Фрагмент расчетной схемы трехслойной панели со стыком и непроклеем величиной 30 мм, с разбивкой на конечные элементы

1500 мм. При этом панели со стыком моделировались как без непроклея, так и с непроклеем величиной 10-40 мм.

Расчетная схема трехслойной панели представлена на рис. 1. Фрагмент расчетной схемы со стыком и непроклеем, с разбивкой на конечные элементы представлен на рис. 2.

Исследование напряженного состояния проводилось в геометрически нелинейной постановке с целью учета приращений поперечных сил в итерационном процессе.

В результате расчета выявлены следующие предельные состояния конструкции: потеря устойчивости верхней сжатой обшивки и потеря прочности пенополистирола. В панелях без стыка потеря устойчивости верхней сжатой обшивки происходила в середине панели, в зоне действия максимальных изгибающих моментов (см. рис. 3 и 4).

В панелях со стыком среднего слоя потеря устойчивости верхней сжатой обшивки происходила в середине в тех панелях, в которых стык располагался в диапазоне от 0 до 500-800 мм, в зависимости от величины непроклея. При расположении стыка в диапазоне от 500-800 до 1500 мм наблюдалась потеря устойчивости верхней сжатой обшивки в месте стыка (см. рис. 5 и 6).

Уровень напряжений в панелях без стыка или со стыком от 0 до 500-800 мм там, где потеря устойчивости происходила в середине панели, составляет 740 кг/см². В панелях, где потеря устойчивости происходила в месте стыка, – 350-600 кг/см², в зависимости от величины непроклея.

В панелях, в которых стык располагался в диапазоне от 0 до 900-1000 мм, происходила потеря прочности ППС от действия поперечной силы. В качестве примера на рис. 7 и 8 представлены изополя напряжений для панели со стыком на расстоянии 300 мм без непроклея и с непроклеем 20 мм соответственно. Считали, что исчерпание несущей способности панели в этом случае происходит при достижении средним слоем величины предела прочности ППС, равной 7 кг/см².

Получены зависимости между координатой расположения стыка по длине панели и несущей способностью трехслойной панели. Показано, что потеря устойчивости сжатой обшивки происходит у панелей со стыком, расположенным в средней части (от 1/4-1/3 до 1/2 пролета), и панелей без стыка. В панелях со стыком среднего слоя потеря устойчивости происходит в месте стыка.

Указанные результаты имеют хорошую сходимость с данными ранее выполненных экспериментальных и теоретических исследований [2, 3, 4].



Рис. 3. Потеря устойчивости верхней сжатой обшивки в средней части панели



Рис. 4. Фрагмент средней части панели, с местной потерей устойчивости верхней сжатой обшивки

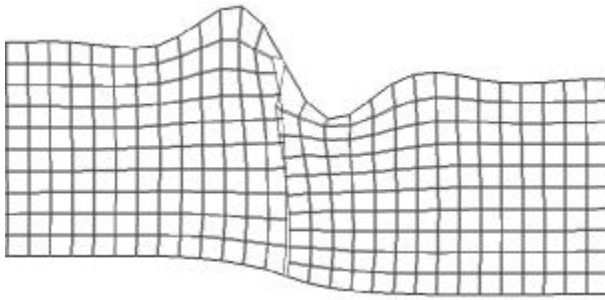


Рис. 5. Потеря устойчивости верхней сжатой обшивки в месте стыка (без непрочлея)

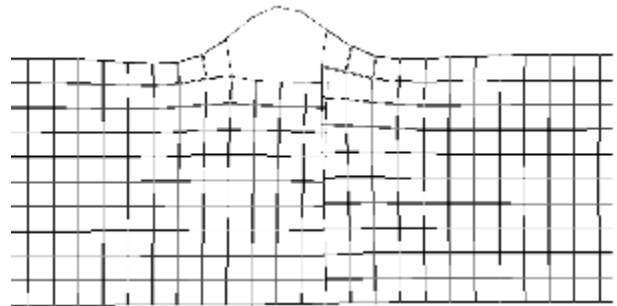


Рис. 6. Потеря устойчивости верхней сжатой обшивки в месте стыка (с непрочлем 40 мм)

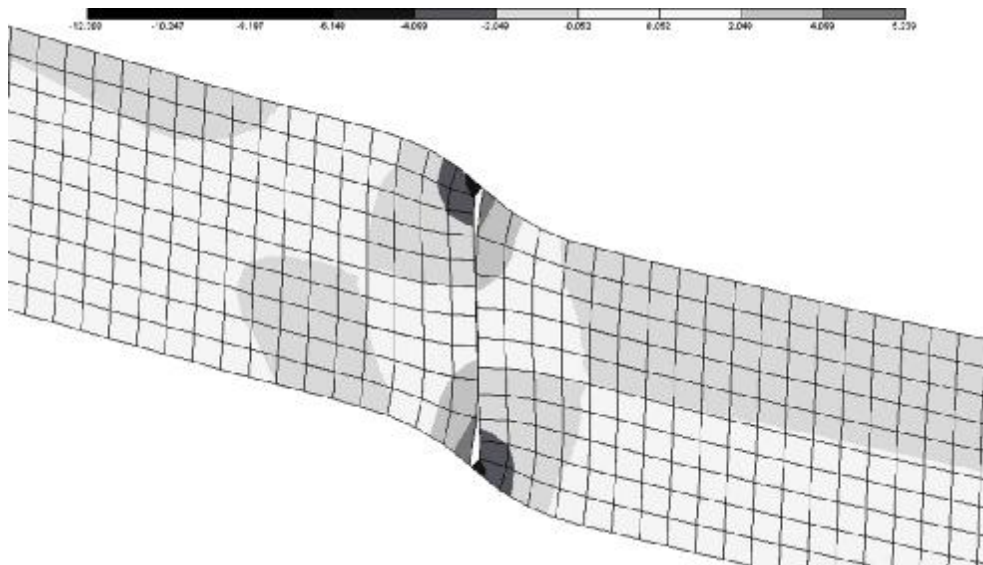


Рис. 7. Изополя напряжений в среднем слое вблизи стыка (без непрочлея)

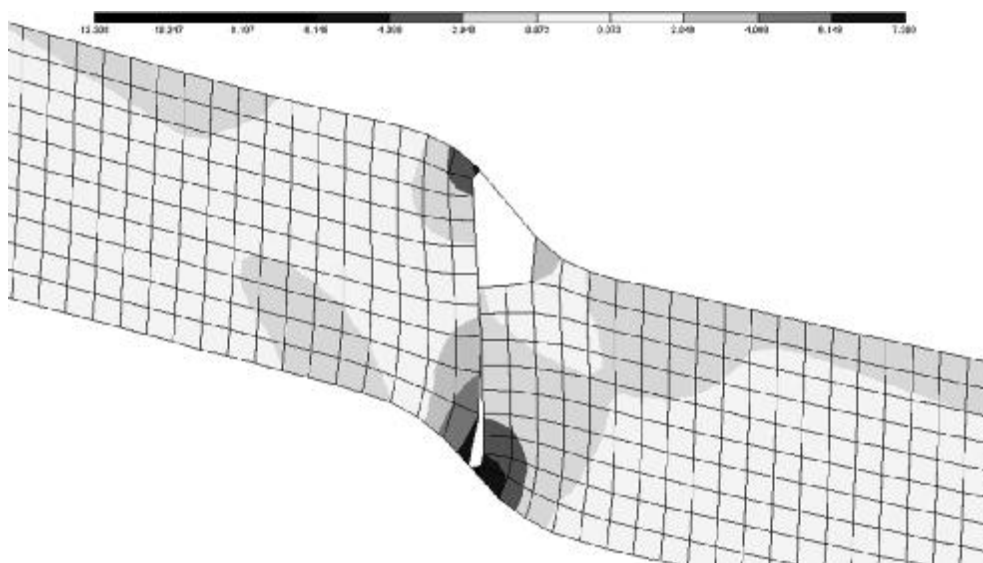


Рис. 8. Изополя напряжений в среднем слое вблизи стыка (с непрочлем 20 мм)

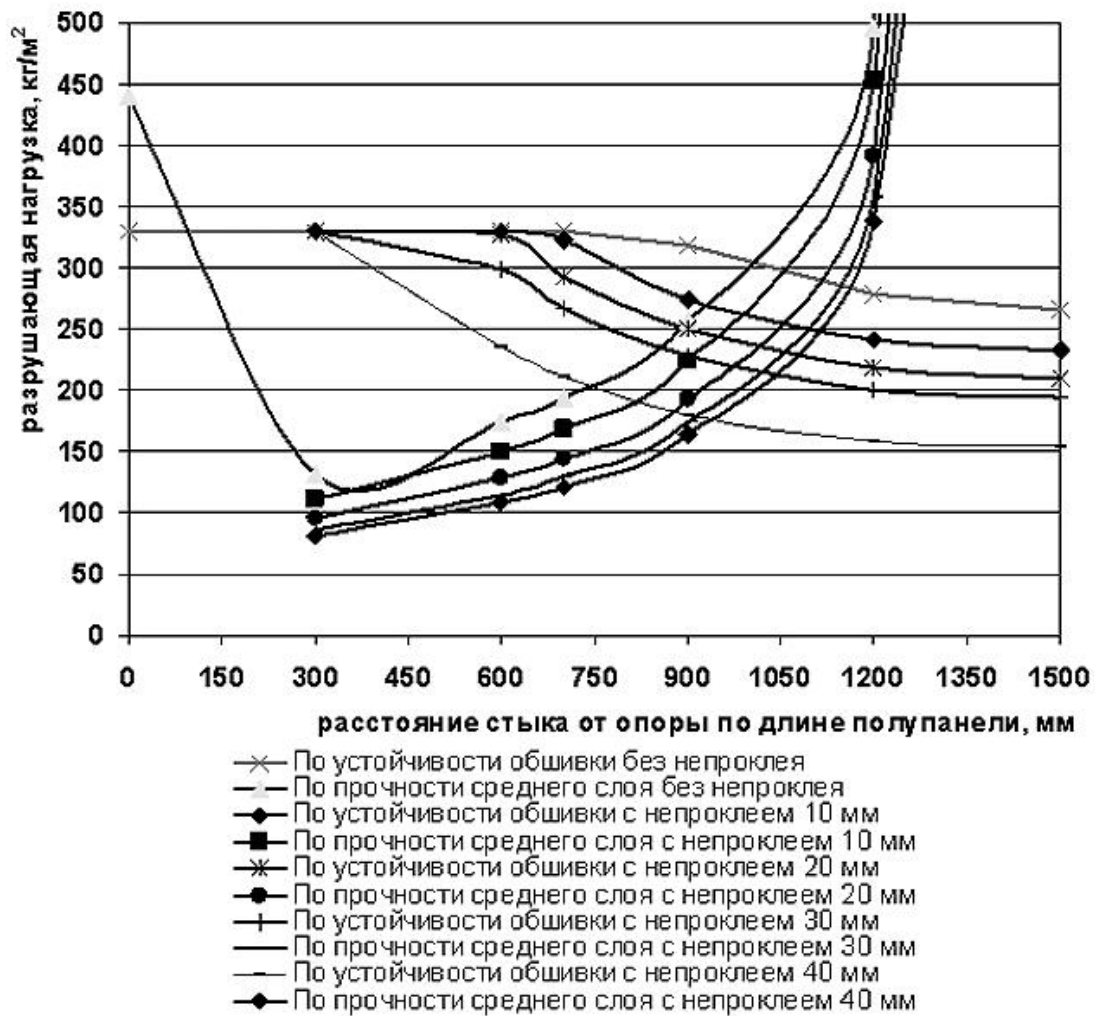


Рис. 9. Зависимость величины разрушающей нагрузки от наличия и расположения стыка и от величины непрочлея

Литература

1. Хайруллин Л.Р. Причины появления дефектов в трехслойных панелях и влияние их на несущую способность // Материалы 56-ой республиканской научной конференции. Сборник научных трудов докторантов и аспирантов. – Казань: КГАСА, 2004. – С. 85-89.
2. Хайруллин Л.Р. Результаты исследования действительной работы трехслойных панелей // Материалы 53-ой республиканской научной конференции. Сборник научных трудов аспирантов. – Казань: КГАСА, 2001. – С. 60-63.
3. Хайруллин Л.Р., Кузнецов И.Л. Экспериментальная проверка значений критических сил потери устойчивости сжатой обшивки трехслойных панелей с технологическим стыком среднего слоя // Вестник ИрГТУ, 2007, №3 (31). – С. 83-85.
4. Каюмов Р.А., Хайруллин Л.Р. Критическая сила для балки на упругом основании при наличии непрочлея // Материалы конференции «Наука и практика. Диалоги нового века». – Ч. 2. – Набережные Челны, 2003. – С. 281-283.