

УДК 624.073.113

Каюмов Р.А. – доктор физико-математических наук, профессорE-mail: kayumov@rambler.ru**Шакирзянов Ф.Р.** – кандидат физико-математических наук, старший преподавательE-mail: faritbox@mail.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

Ахметшин М.М. – инженерE-mail: marat717@gmail.com**АО «Казанский ГипроНИИавиапром»**

Адрес организации: 420127, Россия, г. Казань, ул. Дементьева, д. 1

Долговечность армированной панели с учетом ползучести заполнителя***Аннотация**

Рассматриваются панели нового типа, в которых внешний каркас состоит из стальных тонкостенных С-образных оцинкованных гнутых профилей, полки которых с обеих сторон панели погружены в слой утеплителя. Между противоположными профилями внешнего каркаса установлены дополнительные связи из деревянных брусков. Приводится методика расчета долговечности этих панелей при работе на сжатие при различных значениях нагрузок и зависимость долговечности панели от нагрузки.

Ключевые слова: панель, тонкостенные профили, утеплитель, напряжения, ползучесть, старение, долговечность.

В настоящее время в жилом и коммерческом строительстве при возведении легких зданий широко используются сэндвич панели, состоящие из двух стальных обшивок и слоя утеплителя между ними.

Основными недостатками этих панелей является большой расход стали на обшивки и низкая прочность на сжатие.

Для устранения этих недостатков предлагается новая конструкция стеновых панелей с внешним каркасом из тонкостенных профилей, между которыми установлены связи из деревянных брусков.

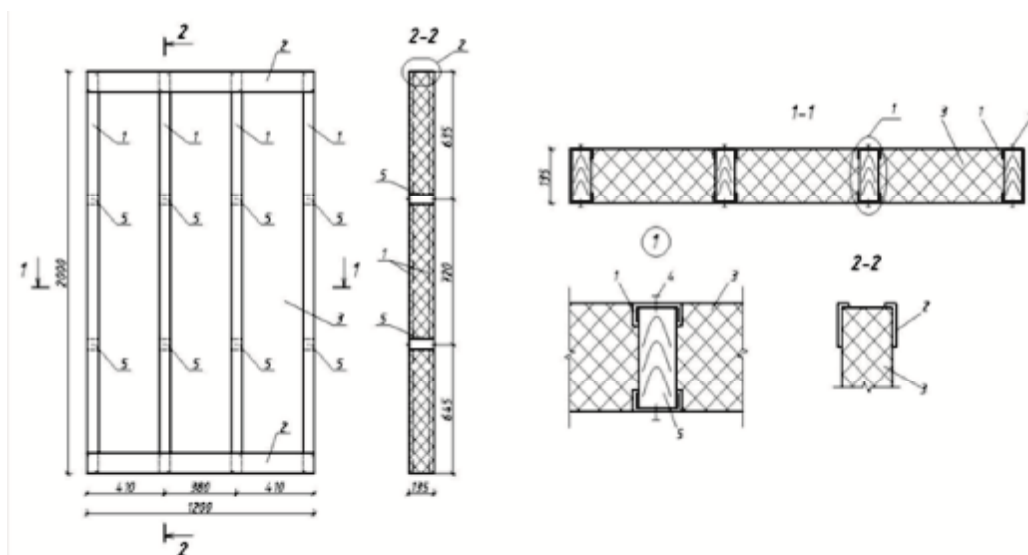


Рис. 1. Конструктивная схема панели:

1 – тонкостенный стальной профиль; 2 – обвязка торцевого элемента из уголка 100x20x0,7 мм;

3 – пенополистирол толщиной 135 мм; 4 – самосверляющий винт Ø 4;

5 – связи из древесины сечением 50x50 мм

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 15-08-060118 и № 16-38-00736).

В данной статье исследуется долговечность панелей нового типа, в которых внешний каркас из стальных тонкостенных С-образных оцинкованных гнутых профилей, полки которых, погруженные в массив утеплителя из пенополистирола и установленные с определенным шагом с обеих сторон панели, образуют единую несущую и ограждающую конструкцию.

В состав панели (рис. 1) входит внешний каркас 1, состоящий из стальных тонкостенных С-образных оцинкованных гнутых профилей, полки которых погружены в массив утеплителя 3 из вспененного пенополистирола. Профили внешнего каркаса сверху и снизу соединены при помощи самосверлящих винтов обрамляющими уголками 2. Для повышения прочности соединения профилей каркаса с утеплителем в процессе изготовления на погруженные участки профилей наносится слой из пенополиуретанового клея. Между противоположными профилями внешнего каркаса устанавливаются дополнительные связи из деревянных брусков сечением 50x50x135 мм (узел 1, рис. 1).

Конструкция панели защищена патентом на полезную модель [1].

В лаборатории кафедры металлических конструкций и испытания сооружений при КГАСУ проведены теоретические и экспериментальные исследования, которые подтвердили техническую и экономическую целесообразность их применения [1, 2].

Для практической реализации рассматриваемой панели необходимо провести исследование ее долговечности.

Для определения критической силы потери устойчивости составим систему уравнений:

$$\begin{cases} EIV_1'''' + P_{кр}V_1'' + kV_1 = 0, \\ EIV_2'''' + P_{кр}V_2'' + kV_2 = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где V_1 и V_2 прогибы панелей на 1 и 2 участках. Решение этой системы будем искать в виде:

$$V_1 = C_1 \cos \frac{\sqrt{a^2 - \sqrt{a^2 - 4b^2}}}{\sqrt{2}} \cdot x + C_2 \sin \frac{\sqrt{a^2 - \sqrt{a^2 - 4b^2}}}{\sqrt{2}} \cdot x + C_3 \cos \frac{\sqrt{a^2 + \sqrt{a^2 - 4b^2}}}{\sqrt{2}} \cdot x + C_4 \sin \frac{\sqrt{a^2 + \sqrt{a^2 - 4b^2}}}{\sqrt{2}} \cdot x; \quad (2)$$

$$V_2 = D_1 \cos \frac{\sqrt{a^2 - \sqrt{a^2 - 4b^2}}}{\sqrt{2}} \cdot x + D_2 \sin \frac{\sqrt{a^2 - \sqrt{a^2 - 4b^2}}}{\sqrt{2}} \cdot x + D_3 \cos \frac{\sqrt{a^2 + \sqrt{a^2 - 4b^2}}}{\sqrt{2}} \cdot x + D_4 \sin \frac{\sqrt{a^2 + \sqrt{a^2 - 4b^2}}}{\sqrt{2}} \cdot x. \quad (3)$$

Здесь:

$$a = \sqrt{\frac{P}{EI}}; \quad (4)$$

$$b = \sqrt{\frac{k}{EI}}. \quad (5)$$

Так как панель симметрична, то достаточно записать граничные условия только для половины длины панели (рис. 2).

Граничные условия в середине панели:

$$\begin{cases} V_1(0) = 0; \\ V_1'(0) = 0; \\ V_2'(L_1 + \frac{L_2}{2}) = 0; \\ V_2'''(0) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Условия стыковки перемещений, углов поворота сечений и перерезывающих сил имеет вид:

$$\begin{cases} V_1(L_1) = V_2(L_1); \\ V_1'(L_1) = V_2'(L_1); \\ V_1''' = V_2'''. \end{cases} \quad (7)$$

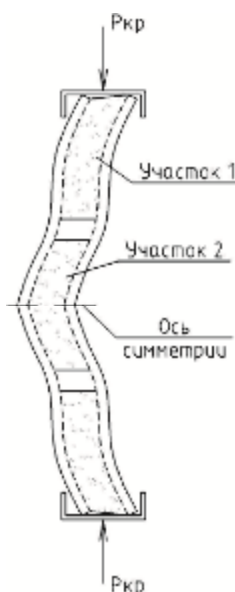


Рис. 2. Деформированное состояние в момент потери устойчивости

Критическую силу потери устойчивости находим из условия, что детерминант матрицы системы уравнений равен нулю.

Для определения долговечности используем апробированный метод [3], учитывая [4-8].

Используемый в расчетах параметр $k^{УТ}$ при разрушающей нагрузке $F=4500$ кг и $t=0$ находим методом итераций:

$$k^{УТ} = 0,0375.$$

Все вычисления проведем с помощью программы «Wolfram Mathematica 8», принимая следующие данные $\Delta t = 5, \eta = 78900, B = 0,02, E_{нач}^{УТ} = 70$ кг/см², $k_0^{УТ} = 0,0375, I_{min}^{кар} = 0,772$ см², $L_1 = 640$ мм, $L_2 = 720$ мм. Результаты полученных вычислений представлены в табл.

Таблица

№ п/п	Нагрузка F, кг	Долговечность t, нед.
1	4500	0
2	4400	110
3	4350	170
4	4300	225
5	4250	290
6	4200	355
7	4150	425
8	4100	455

По результатам проведенных вычислений составим зависимость (рис. 3).

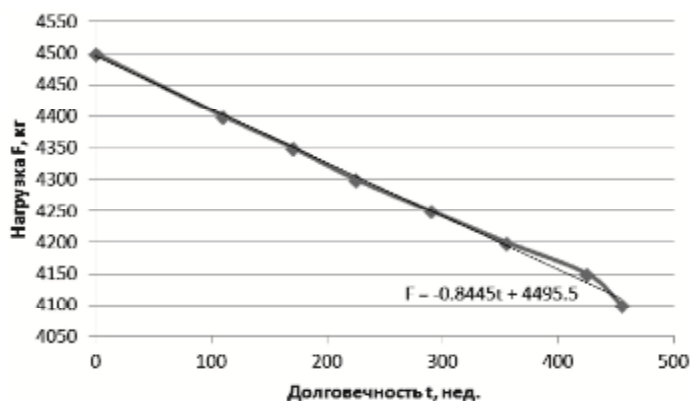


Рис. 3. Зависимость F(t)

Аппроксимируя данный график линейной функцией получим соотношение вида $F = -0,8445 \cdot t + 4495,5$.

Таким образом, полученная зависимость позволяет прогнозировать долговечность армированной панели в зависимости от нагрузки.

Список библиографических ссылок

1. Кузнецов И.Л., Ахметшин М.М. Исследование действительной работы облегченных панелей с каркасом из тонкостенных профилей // Известия КазГАСУ, 2009, № 2 (12). – С. 118-121.
2. Ахметшин М.М. Исследование действительной работы фрагментов панелей с внешним каркасом из тонкостенных профилей при работе на изгиб // Сборник научных трудов КГАСУ. – Казань: Изд-во КазГАСУ, 2010. – С. 17-19.
3. Каюмов Р.А., Ахметшин М.М. Долговечность панелей с внешним каркасом из тонкостенных гнутых профилей с учетом ползучести утеплителя // Известия КГАСУ, 2015, № 3 (33). – С. 64-69.
4. Каюмов Р.А., Мангушева А.Р., Мухаметшин А.Т., Сулейманов А.М. К определению долговечности пленочно-тканевого композиционного материала, подвергаемого воздействию солнечной радиации // Ученые записки Казанского университета. Серия: Физико-математические науки, 2010, т. 152, № 4. – С. 158-165.
5. Смирнов Д.С., Рахимов Р.З., Габидуллин М.Г., Каюмов Р.А., Стоянов О.В. Испытания и прогнозная оценка долговечности уплотнительной резины герметизирующих стыков блоков обделки метро // Вестник Казанского технологического университета, 2014, т. 17, № 15. – С. 141-146.
6. Каюмов Р.А., Гатиятуллин А.Э., Шабанов А.М. Расчет долговечности балки при ползучести с учетом упрочнения // Известия КГАСУ, 2014, № 4 (30). – С. 326-330.
7. Каюмов Р.А., Мангушева А.Р. Оценка длительной прочности пленочно-тканевого композиционного материала с учетом изменения температурного поля в течении года // Материалы XX международного симпозиума «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» имени А.Г. Горшкова Московский авиационный. – М., 2014. – С. 96-97.
8. Каюмов Р.А., Мухамедова И.З. Разработка методики оценки долговечности пленочно-тканевых материалов с учетом влияния силовых факторов и солнечной радиации // Материалы XX международного симпозиума «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» имени А.Г. Горшкова Московский авиационный институт. – М., 2014. – С. 97-98.

Kayumov R.A. – doctor of physical and mathematical sciences, professor

E-mail: kayumov@rambler.ru

Shakirzyanov F.R. – candidate of physical and mathematical sciences, assistant

E-mail: faritbox@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Ahmetshin M.M. – engineer

E-mail: marat717@gmail.com

Joint-stock company «Kazan Giproniaviaprom»

The organization address: 420127, Russia, Kazan, Dementieva st., 1

Durability of the reinforced panel considering creep filler

Resume

Currently, sandwich panel is widely used in residential and commercial construction in the construction of light buildings, consisting of two steel skins and a layer of insulation between them.

The main disadvantages of these panels are the high consumption of steel cladding and low compressive strength.

To address these shortcomings, it proposes a new design of wall panels with an external frame of thin-walled profiles, between which communication of the wooden bars.

This article explores the durability of new type panels, in which the outer frame of steel thin-walled C-shaped galvanized roll-formed sections, shelves of which are immersed in a layer of expanded polystyrene insulation and installed with a certain pitch on both sides of the panel, form a single supporting and enclosing structures.

Theoretical and experimental studies, which confirmed the technical and economic feasibility of their use conducted in the laboratory of the department of metal structures and test facilities at KSUAE.

Presented the technique of calculating the longevity of these panels when working in compression at different values of load and dependence on the load durability of the panel.

Keywords: panel, thin-walled profiles, insulation, voltage, creep, aging, longevity.

Reference list

1. Kuznetsov I.L., Akhmetshin M.M. Research work real lightweight panels with a frame made of thin-walled profiles // *Izvestiya KazGASU*, 2009, № 2 (12). – P. 118-121.
2. Akhmetshin M.M. Studies do work fragments of panels with external frame made of thin-walled profiles at work bending // *Sbornik nauchnykh trudov KGASU*. – Kazan: Publishing KGASU, 2010. – P.17-19.
3. Kayumov R.A., Akhmetshin M.M. Durability of panels with an external frame of thin-walled cold-formed sections taking into account the creep of a heater // *Izvestiya KGASU*, 2015, № 3 (33). – P. 64-69.
4. Kayumov R.A., Mangusheva A.R., Mukhametshin A.T., Suleymanov A.M. Determination of durability of the composite film-fabric material to be exposed to solar radiation // *Uchenyye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya: Fiziko-matematicheskoye nauki*, 2010, vol. 152, № 4. – P. 158-165.
5. Smirnov D.S., Rakhimov R.Z., Gabidullin M.G., Kayumov R.A., Stoyanov O.V. Tests and prognostic evaluation of durability of the sealing rubber sealing joints blocks lining the metro // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2014, vol. 17, № 15. – P. 141-146.
6. Kayumov R.A., Gatiyatullin A.E., Shabanov A.M. Durability beams when considering creep hardening // *Izvestiya KGASU*, 2014, № 4 (30). – P. 326-330.
7. Kayumov R.A., Mangusheva A.R. Evaluation of long-term strength film-fabric composite material based on the temperature field within the year // *Proceedings of the XX International Symposium «Dynamic and technological problems of mechanics of structures and continua» named A.G. Gorshkov, Moscow Aviation Institute*. – M., 2014. – P. 96-97.
8. Kayumov R.A., Mukhamedova I.Z. Development of methodology for assessing the durability of film-fabric materials with the influence of power factors and solar radiation // *Proceedings of the XX International Symposium «Dynamic and technological problems of mechanics of structures and continua» named A.G. Gorshkov, Moscow Aviation Institute*. – M., 2014. – P. 97-98.