

УДК 69.022.32

**Шмелев Г.Н.** – кандидат технических наук, профессор

E-mail: shmelev@kgasu.ru

**Сусаров А.В.** – аспирант

E-mail: susarovav@mail.ru

**Хайруллин Л.Р.** – ассистент

E-mail: lenar76@rambler.ru

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### Напряженно-деформированное состояние несущих кронштейнов навесных фасадных систем

#### Аннотация

В статье рассматриваются результаты натурных экспериментов кронштейнов системы навесного вентилируемого фасада «Союз». Представлена методика проведения испытаний. Также рассматриваются результаты конечно-элементного анализа данных кронштейнов в ПК «Лира». В результате расчета по прочности и деформативности и испытаний нескольких типоразмеров кронштейнов, состоящих из двух вариантов сечений, определена максимально допустимая нагрузка на кронштейн.

**Ключевые слова:** навесной вентилируемый фасад, прочность и деформативность несущих кронштейнов.

Испытывались два варианта сечений кронштейнов системы «Союз» с вылетами консолей 25 см, 10 см и 5 см и толщиной листа 2 мм.

Применение указанных кронштейнов потребовало экспериментального определения фактической несущей способности и деформативности. При этом деформации кронштейнов по условию деформативности ограничиваются величиной  $L/75$  (п. 10.6 [3]), где  $L$  – величина вылета консоли.

#### Методика проведения испытаний

Для определения фактической несущей способности и деформативности кронштейнов были проведены экспериментальные исследования 9 образцов, по 3 образца каждого из 3 типоразмеров. Все образцы испытывались на изгиб. Испытание натурных образцов проводилось в лаборатории кафедры металлических конструкций и испытания сооружений КГАСУ, при температуре +15 °С.

Испытание кронштейнов на изгиб производилось тарированными грузами, прикладываемыми к концевой части через специальный подвес. Крепление подвеса к кронштейнам выполнялось в месте крепления горизонтальной направляющей, т.е. не отличалось от реальной схемы нагружения. Точка приложения нагрузки располагалась на расстоянии 10 мм от конца кронштейна. Загружение опытных образцов кронштейнов, испытываемых на изгиб, осуществлялось мерным грузом – этапами, со снятием показаний по прогибому, через 5 минут после установки груза очередного этапа.

Таблица 1

**Результаты испытания кронштейна № 1 с длиной консоли 25 см**

№ этапа	Величина нагрузки, кг	Значение прогиба на конце кронштейна, мм	
		Прогиб на этапах	Остаточный прогиб
1	0	0	0,8
2	1	1,6	
3	2	3,2	
4	3	4,6	
5	4	6,9	
6	5	8,7	

Продолжение табл. 1

7	6	10,6	
8	7	13	
9	8	15	
10	9	16,95	
11	10	19,35	
12	11	21,9	

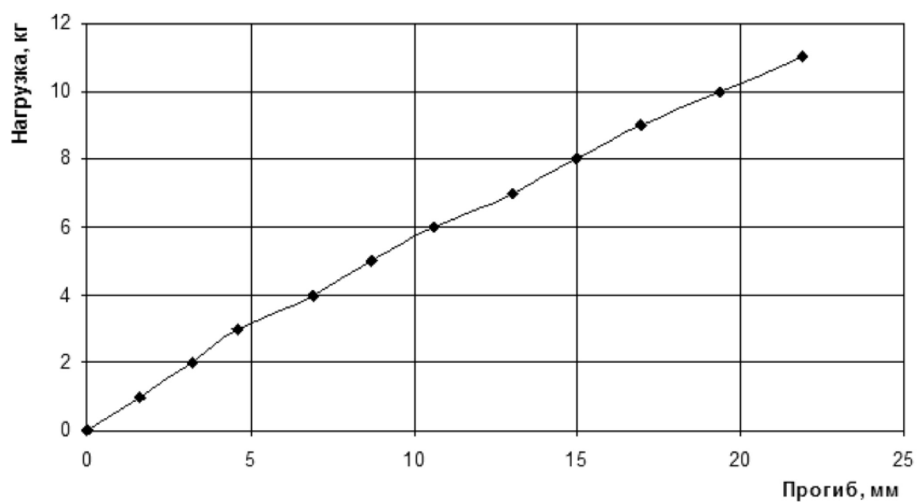


Рис. 1. Результаты испытания кронштейна № 1 с длиной консоли 25 см

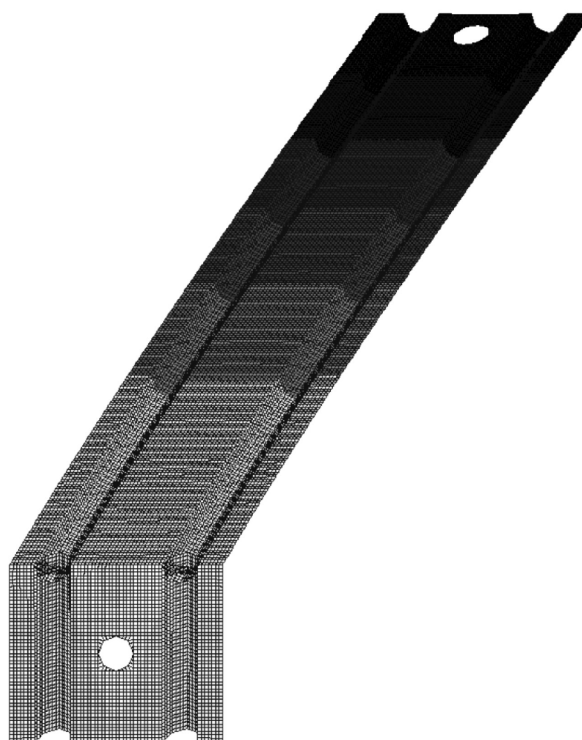


Рис. 2. Изополю перемещений по Z(G)

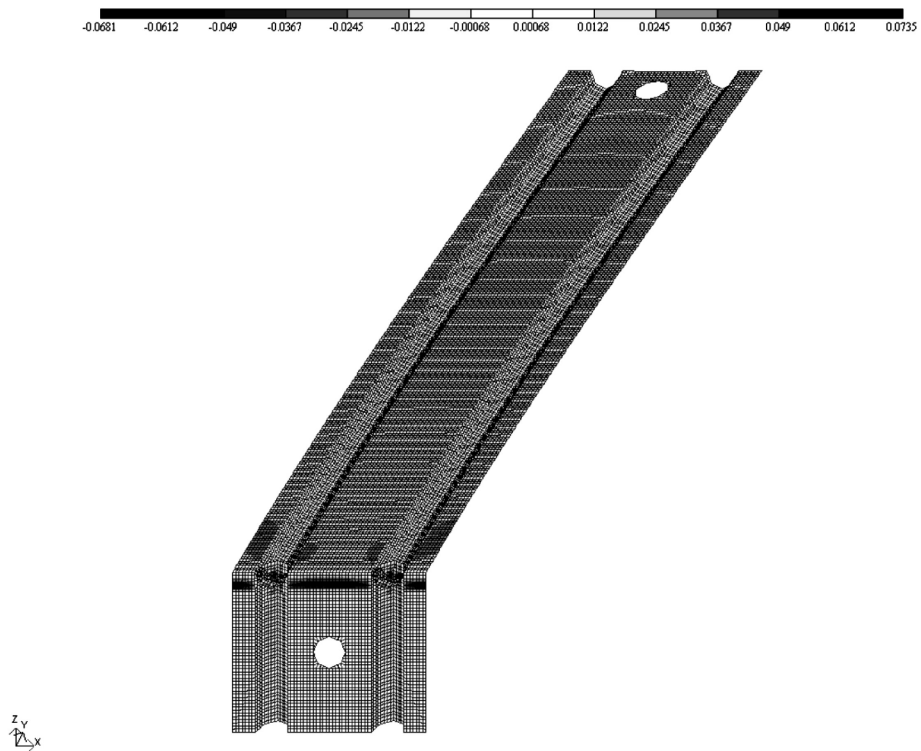


Рис. 3. Изополя напряжений по  $M_x$

Таблица 2

Результаты испытания кронштейна № 2 с длиной консоли 10 см

№ этапа	Величина нагрузки, кг	Значение прогиба на конце кронштейна, мм	
		Прогиб на этапах	Остаточный прогиб
1	0	0	0,6
2	5	0,45	
3	10	1	
4	12	1,2	
5	15	1,65	
6	20	2,4	
7	25	3,2	
8	30	4,3	

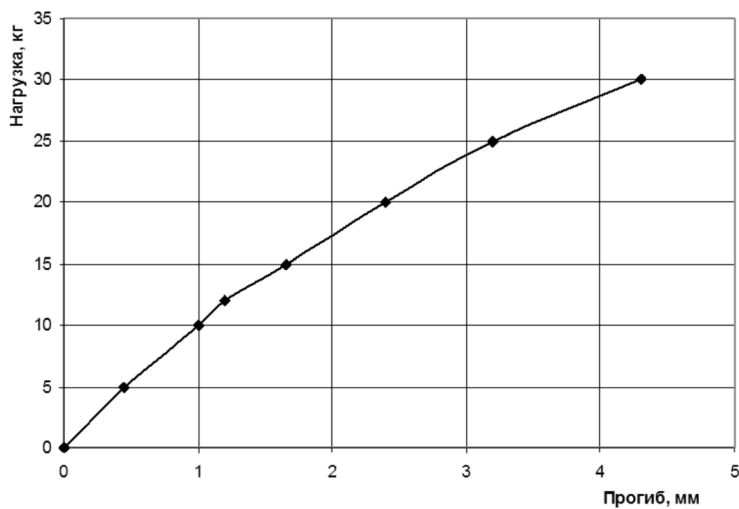


Рис. 3. Результаты испытания кронштейна № 2 с длиной консоли 10 см

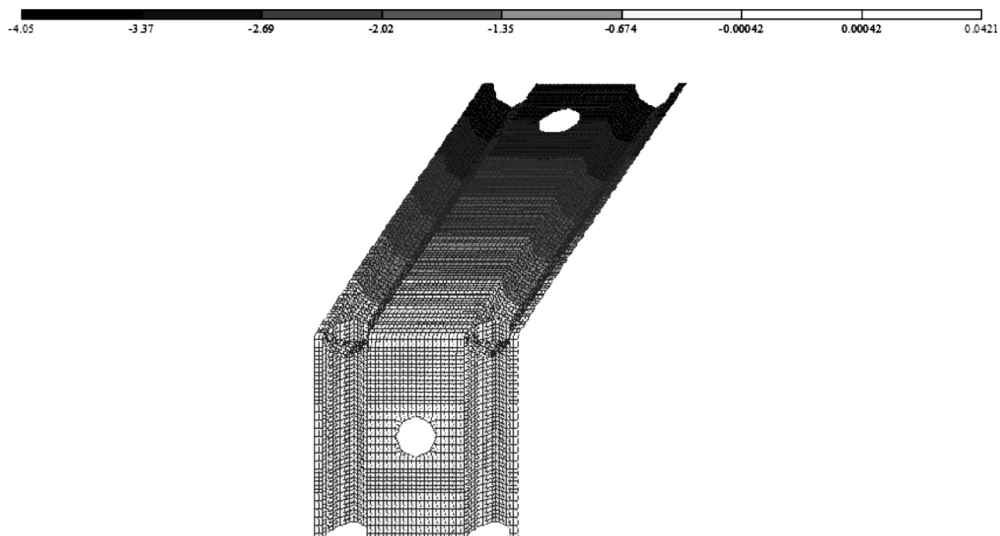


Рис. 4. Изополя перемещений по Z(G)

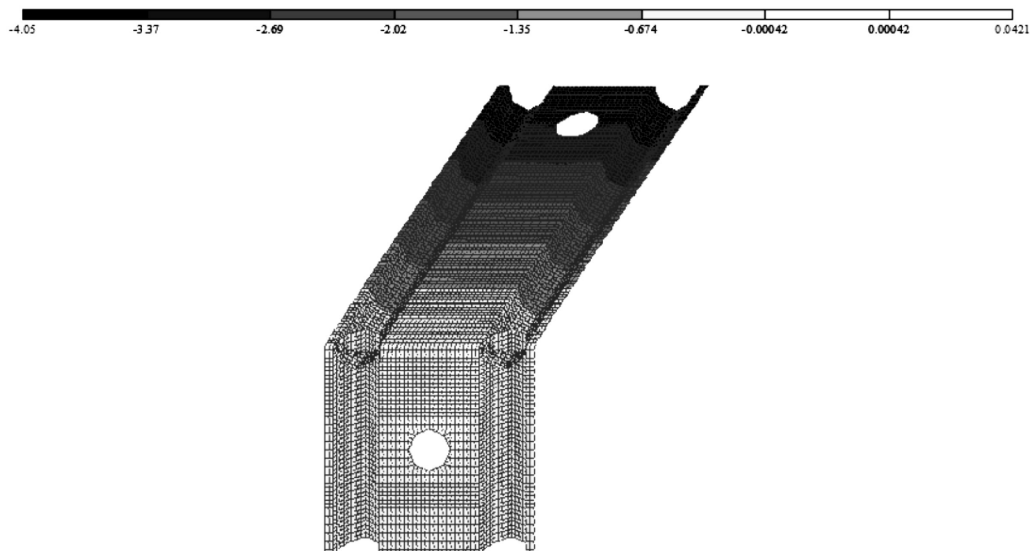


Рис. 5. Изополя напряжений по My

Таблица 3

Результаты испытания кронштейна № 3 с длиной консоли 5 см

№ этапа	Величина нагрузки, кг	Значение прогиба на конце кронштейна, мм	
		Прогиб на этапах	Остаточный прогиб
1	0	0	0,4
2	10	0,18	
3	20	0,35	
4	25	0,45	
5	30	0,55	
6	35	0,7	
7	40	0,85	
8	45	1	
9	50	1,2	
10	55	1,4	
11	60	1,6	

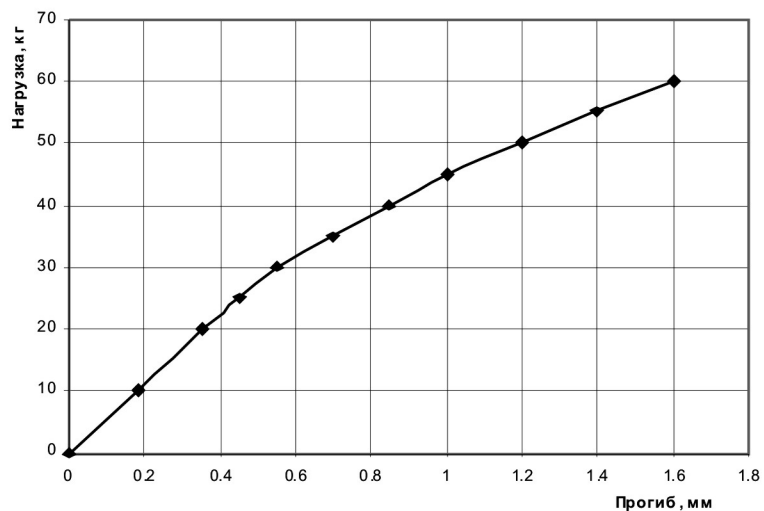


Рис. 6. Результаты испытания кронштейна № 3 с длиной консоли 5 см

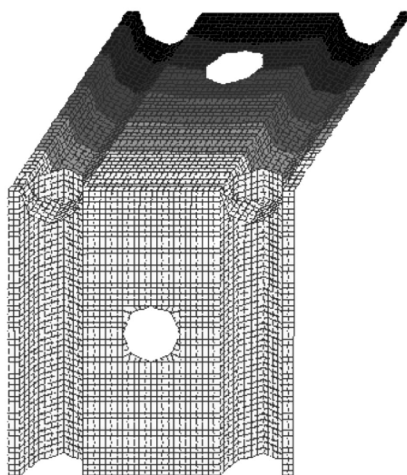
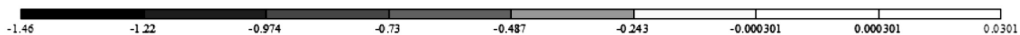


Рис. 7. Изополя перемещений по Z(G)

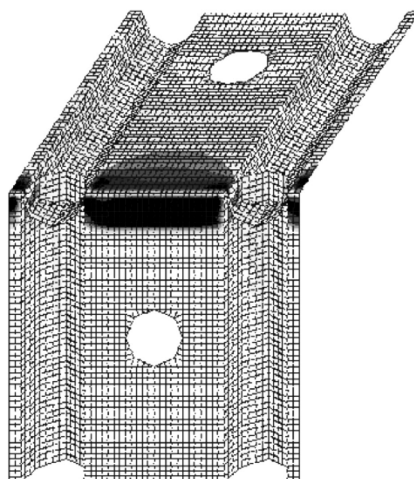
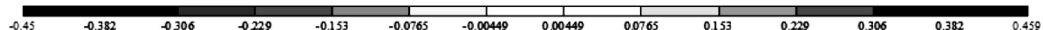


Рис. 8. Изополя напряжений по  $M_y$

Максимально допустимый изгибающий момент из условия прочности для обоих вариантов сечений кронштейна:

$$1 \text{ тип сечения: } M_1 \leq WR_{y,\gamma_c}; M_1 \leq 0,052 \cdot 2450 = 127,4 \text{ кг} \cdot \text{см};$$

$$2 \text{ тип сечения: } M_2 \leq WR_{y,\gamma_c}; M_2 \leq 0,048 \cdot 2450 = 117,6 \text{ кг} \cdot \text{см}.$$

Определим максимально допустимую вертикальную силу для пяти типоразмеров из условия прочности, с учетом того, что сила прикладывается на расстоянии 10 мм от конца кронштейна:

$$1) \text{ Кронштейн длиной 25 см: } P = \frac{M_1}{l_1 - 1} = \frac{127,4}{25 - 1} = 5,31 \text{ кг};$$

$$2) \text{ Кронштейн длиной 10 см: } P = \frac{M_2}{l_4 - 1} = \frac{117,6}{10 - 1} = 13,07 \text{ кг};$$

$$3) \text{ Кронштейн длиной 5 см: } P = \frac{M_2}{l_5 - 1} = \frac{117,6}{5 - 1} = 29,4 \text{ кг}.$$

При этом деформации кронштейнов по условию деформативности ограничиваются величиной  $L/75$  (п. 10.6 [1]), где  $L$  – величина вылета консоли. Максимально допустимый прогиб равен:

$$1) \text{ Кронштейн длиной 25 см: } v_1 = \frac{L_1}{75} = \frac{24}{75} = 0,32 \text{ см};$$

$$2) \text{ Кронштейн длиной 10 см: } v_4 = \frac{L_4}{75} = \frac{9}{75} = 0,12 \text{ см};$$

$$3) \text{ Кронштейн длиной 5 см: } v_5 = \frac{L_5}{75} = \frac{4}{75} = 0,053 \text{ см}.$$

Определим максимально допустимую вертикальную силу для пяти типоразмеров из условия деформативности с учетом того, что сила прикладывается на расстоянии 10 мм от конца кронштейна:

$$1) \text{ Кронштейн длиной 25 см: } P = \frac{v_1 \cdot 3EI}{(l_1 - 1)^3} = \frac{0,32 \cdot 3 \cdot 2,06 \cdot 10^6 \cdot 0,015}{24^3} = 2,15 \text{ кг};$$

$$2) \text{ Кронштейн длиной 10 см: } P = \frac{v_4 \cdot 3EI}{(l_4 - 1)^3} = \frac{0,12 \cdot 3 \cdot 2,06 \cdot 10^6 \cdot 0,013}{9^3} = 13,22 \text{ кг};$$

$$3) \text{ Кронштейн длиной 5 см: } P = \frac{v_5 \cdot 3EI}{(l_5 - 1)^3} = \frac{0,053 \cdot 3 \cdot 2,06 \cdot 10^6 \cdot 0,013}{4^3} = 66,5 \text{ кг}.$$

Таким образом, результаты расчета трех типоразмеров кронштейнов, состоящих из двух вариантов сечений, по прочности и деформативности показали, что максимально допустимая нагрузка на кронштейны равна:

- 1-й типоразмер (25 см) – **2,15 кг** (ограничивается деформативностью);
- 2-й типоразмер (10 см) – **13,07 кг** (ограничивается прочностью);
- 3-й типоразмер (5 см) – **29,4 кг** (ограничивается прочностью).

Указанные величины свидетельствуют о том, что кронштейны системы «СОЮЗ» при нагружении вышеуказанными нагрузками деформируются в упруго-пластической зоне.

### Список литературы

1. СНиП 2.01.07-85\*. Нагрузки и воздействия. – М., 2003. – 43 с.
2. Фасадные теплоизоляционные системы с воздушным зазором. Рекомендации по составу и содержанию документов и материалов, представляемых для технической оценки пригодности продукции. – М., Госстрой России, 2004.
3. Справочник проектировщика. Металлические конструкции. – М., 1998. – 575 с.

**Shmelev G.N.** – candidate of technical sciences, professor

E-mail: shmelev@kgasu.ru

**Susarov A.V.** – post-graduate student

E-mail: susarovav@mail.ru

**Khairullin L.R.** – assistant

E-mail: lenar76@rambler.ru

**Kazan State Architecture and Engineering**

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

### **Stress-state bearing brackets hinged facade system**

#### **Resume**

All hinged facade system with ventilated air gap is one of the most effective ways of warming and facades of buildings and structures through the following design features of these systems:

- insulated with a layer of a solid array located on the outside of the outer wall of a small amount of cold bridges, which allows to make the dew point of the inner layer of the wall;

- the screen, set the air gap relative warming layer, wall structure is well protected from the weather;

- between the facing layer and a layer of insulation arranged ventilated air gap, through which the moisture that collects in the insulation is effectively removed;

- such a construction of the outer wall is well protected from the living areas of heat loss in the winter and overheating in the summer;

- the absence of «wet» processes allows installation work at any time of the year;

- facing materials and structural engineering of facade systems provide durability of facade decoration insulation of external walls, while they can easily repair the damaged sections of the facade.

**Keywords:** ventilated facades, strength and deformability of bearing brackets.

#### **References**

1. SNIP 2.01.07-85 \*. Load and impact. – M., 2003. – 43 p.
2. Facade insulation system with an air gap. Recommendations for the composition and content of documents and materials submitted for technical evaluation of the suitability of products. – M.: Russian State Committee for Construction, 2004.
3. Directory designer. Metal structures. – M., 1998. – 575 p.