

УДК: 624.078  
DOI: 10.48612/NewsKSUAE/69.12  
EDN: ITHRUL



## Конструкции узла крепления фасадной системы к зданию

А.С. Антонов<sup>1</sup>, Р.Э. Алитдинова<sup>1</sup>, Р.Р. Галимов<sup>1</sup>, Г. Н. Шмелев<sup>1</sup>, И.Р. Валиев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Казанский государственный архитектурно-строительный университет,  
г. Казань, Российская Федерация

**Аннотация:** *Постановка задачи.* В современной мировой строительной практике значительную часть занимает монолитное строительство, использование данной технологии также раскрывает новые возможности для использования, расчета и проектирования разнообразных типов ограждающих конструкций, включая и светопрозрачные фасадные конструкции из алюминиевых профилей, устроенные на несущем каркасе с помощью кронштейнов.

*Цель* исследования заключается в создании новой конструкции узла крепления фасадной системы к перекрытию здания в виде несущего кронштейна для повышения его несущей способности. *Решенные задачи:* обзор и анализ существующих решений несущих кронштейнов светопрозрачных фасадных конструкций, численное моделирование усовершенствованной конструкции узла крепления фасадной системы к зданию, поиск наиболее рациональных геометрических параметров предложенной модели кронштейна и сравнительный анализ разработанного решения с существующим.

*Результаты.* Разработано патентоспособное конструктивное решение узла крепления фасадной системы к перекрытию здания (патент № RU2802637C1), которое позволяет изменить схему работы кронштейна и повысить его жесткость за счет крепления к верхней поверхности перекрытия путем устройства горизонтальной пластины; создана численная модель, отражающая действительную работу нового кронштейна на эксплуатационные нагрузки и условия, которая позволяет получить рациональные геометрические размеры кронштейна.

*Выводы.* Разработанное конструктивное решение несущего кронштейна может быть использовано для крепления фасадных систем со светопрозрачным заполнением к перекрытию здания с достаточной несущей способностью для восприятия эксплуатационных нагрузок и условий, а численно установленные наиболее рациональные геометрические параметры кронштейна позволили дополнительно снизить массу кронштейна в сравнении с существующими решениями.

**Ключевые слова:** светопрозрачные фасадные конструкции, алюминиевые профили, кронштейн, фасадная система, напряженно-деформированное состояние.

**Для цитирования:** Антонов А.С., Алитдинова Р.Э., Галимов Р.Р., Шмелев Г.Н., Валиев И.Р. Конструкции узла крепления фасадной системы к зданию // Известия КГАСУ, 2024, № 3(69), с. 130-138, DOI: 10.48612/NewsKSUAE/69.12, EDN: ITHRUL

## Design of the fastening unit of the facade system to the building

A.S. Antonov<sup>1</sup>, R.E. Alitdinova<sup>1</sup>, R.R. Galimov<sup>1</sup>, G.N. Shmelev<sup>1</sup>, I.R. Valiev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kazan State University of Architecture and Engineering,  
Kazan, Russian Federation

**Abstract:** *Problem Statement.* In modern global construction practice, monolithic construction occupies a significant part; this technology also opens up new possibilities for the use, calculation and design of various types of enclosing structures, including translucent facade

structures made of aluminum profiles, arranged on a supporting frame using brackets.

The aim of the study is to create a new design of the fastening unit of the facade system to the building floor slab in the form of a supporting bracket to increase its bearing capacity. The solved tasks are the review and analysis of existing solutions for supporting brackets of translucent facade structures, numerical modeling of an improved design of the fastening unit of the facade system to the building, search for the most rational geometric parameters of the proposed bracket model and comparative analysis of the developed solution with the existing one.

*Results.* A patentable design solution for the fastening unit of the facade system to the building floor slab has been developed (Patent No. RU2802637C1), which allows changing the bracket operation scheme and increasing its rigidity by fastening to the upper surface of the floor slab by means of a horizontal plate; a numerical model has been created that reflects the actual operation of the new bracket under operational loads and conditions, which allows obtaining rational geometric dimensions of the bracket.

*Conclusions.* The developed design solution of the supporting bracket can be used for fastening facade systems with translucent filling to the building floor slab with sufficient bearing capacity to withstand operational loads and conditions, and the numerically established most rational geometric parameters of the bracket made it possible to further reduce the weight of the bracket in comparison with existing solutions.

**Keywords:** translucent facade structures, aluminum profiles, bracket, facade system, stress-strain state

**For citation:** Antonov A.S., Alitdinova R.E., Galimov R.R., Shmelev G.N., Valiev I.R. Design of the fastening unit of the facade system to the building // News of KSUAE, 2024, № 3(69), p. 130-138, DOI: 10.48612/NewsKSUAE/69.12, EDN: ITHRUL

## 1. Введение

Применение технологии монолитного строительства открывает новые перспективы для использования, расчета и проектирования разнообразных типов ограждающих конструкций, включая светопрозрачные фасадные системы, устроенные на несущем каркасе [1].

При изготовлении фасадов используются стержневые элементы из металла, которые собираются в единую систему. В зависимости от целей использования, эти системы могут быть выполнены как блоком заводской готовности, так и в виде сборки непосредственно на строительной площадке с креплением к строительному основанию посредством несущих кронштейнов. В качестве материалов для несущих элементов могут использоваться оцинкованная сталь, алюминиевые сплавы, нержавеющая сталь, и другие. Облицовочные материалы также варьируются: это могут быть композитные панели, металлические кассеты, керамогранит, натуральный камень, а также светопрозрачные элементы. Разнообразие подходов к светопрозрачным фасадам обусловлено не только потребностями дизайна, но и желанием разработать более эффективные и экономичные фасадные системы [2-3]. Основными элементами светопрозрачных фасадных систем являются кронштейны, которые крепятся к несущей стене посредством анкеров различных типов [4-5], на них устанавливается каркас, служащий основой для крепления облицовочных панелей или же остекления [6-7].

При имеющемся разнообразии фасадных систем, большое внимание исследователей уделяется на системы с использованием навесных светопрозрачных фасадов. В своей статье авторы [8] рассматриваются технологии монтажа светопрозрачных конструкций фасадов, выявляя практические методы и инновации. В следующей работе группа научных сотрудников изучают светопрозрачные крыши с использованием стекла для большепролетных покрытий, обсуждая особенности проектирования и применения таких конструкций. Все работы предоставляют ценный опыт в области остекления высотных зданий, подчеркивая как инновационные решения, так и технические вызовы [9]. На сегодняшний день недостаточно изучен вопрос о реальной работе и расчете светопрозрачных конструкций, которые имеют каркас

из алюминия [10-12]. Методика расчета вышеупомянутых конструкций четко не представлена в существующих нормативных документах и правилах проектирования. Это может привести к противоречиям и трудностям при проектировании подобных систем [13-14]. Для проведения точных расчетов по прочности светопрозрачных фасадных конструкций, необходимы дополнительные сведения и исследования в области конструкции узла соединения фасадной системы на перекрытия здания [15-17]. Важной частью является изучение работы и взаимного влияния вертикальных и горизонтальных стержневых элементов фасадных систем и, как следствие, изучение жесткости узловых соединений вышеупомянутых конструкций, так как применение в расчете действительных жесткостей может вызвать значительное перераспределение усилий в стержнях каркасов [18], что необходимо учитывать при оценке напряженно-деформированного состояния (НДС) стержневых элементов в виде алюминиевых профилей, используемых для устройства светопрозрачных конструкций. Автор работы [19] анализирует прочность и деформативность фасадных конструкций при испытаниях на сжатие и изгиб, предоставляя данные о их поведении в различных условиях.

Жесткость фасадных систем является критическим параметром, поскольку эти конструкции подвержены значительным внешним воздействиям, включая ветровую нагрузку и собственный вес заполнения. Недостаточная жесткость несущих элементов может привести к чрезмерным деформациям, что в свою очередь способно вызвать нарушение герметичности системы, утрату ее тепло- и звукоизоляционных свойств, а также ухудшение внешнего вида фасада. Поиск рациональных параметров узла соединения фасадной системы с перекрытием является актуальной задачей, так как это необходимо для уменьшения массы конструкции и повышения ее несущей способности. На данный момент кронштейны, которые используются, имеют высокую деформативность, что ведет к тому, что увеличивается масса кронштейна. В связи с вышеизложенным, исследование несущей способности и разработка новых конструктивных решений кронштейнов фасадных систем, закрепляемых на несущем каркасе здания, с учетом фактических условий и нагрузок, является приоритетным направлением данной работы.

**Цель исследования.** Разработка новой конструкции узла крепления фасадной системы к перекрытию здания в виде несущего кронштейна для повышения его несущей способности.

**Задачи:**

- 1) Обзор и анализ существующих решений несущих кронштейнов светопрозрачных фасадных конструкций (СФК);
- 2) Численное моделирование усовершенствованной конструкции узла крепления фасадной системы к зданию с оценкой его НДС;
- 3) Поиск наиболее рациональных геометрических параметров предложенной модели кронштейна численным методом;
- 4) Сравнительный анализ разработанного решения по авторскому свидетельству с существующим.

## 2. Материалы и методы

На начальном этапе рассмотрена существующая конструкция несущего кронштейна для крепления фасадной системы ГК "Сфера" "КСПКн-80", представляющая собой П-образный профиль с отверстиями в середине профиля на вертикальной опорной части с двух сторон под установку анкеров. Общий вид существующего несущего кронштейна фасадной системы представлен на рис. 1.

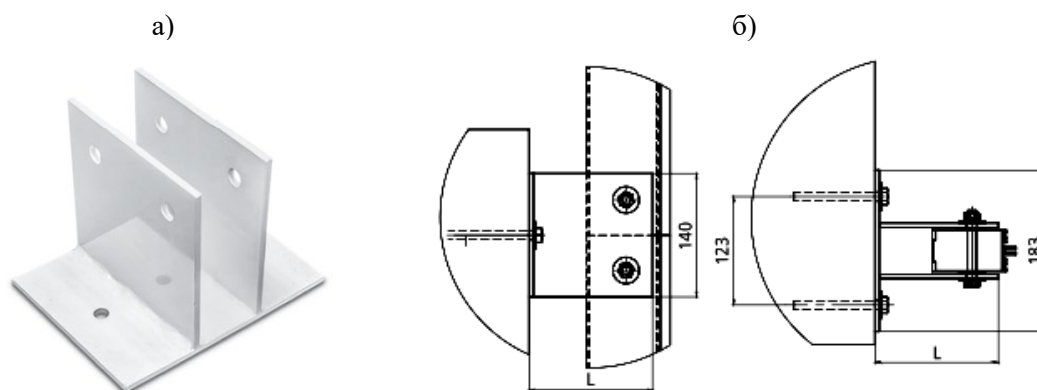


Рис. 1. Исследуемый существующий кронштейн фасадной системы: а – общий вид кронштейна, б – габаритный чертеж (вид сверху и сбоку) (источник изображения – интернет ресурс <https://www.sphera.insite74.ru/produktsiya/kronshteyny/kronshtejn-kspkn.html>)

Fig. 1. The existing bracket of the facade system under study: a – general view of the bracket, b – overall drawing (top and side views) (image source – Internet resource <https://www.sphera.insite74.ru/produktsiya/kronshteyny/kronshtejn-kspkn.html>)

Выполнены численные эксперименты по определению напряженно-деформированного состояния существующей конструкции несущего кронштейна в расчетном программном комплексе, основанном на методе конечных элементов [20, 21]. Использовался программный комплекс «ANSYS 2020 R2». Создана модель кронштейна и дополнительные конструкции, участвующие в работе кронштейна, заданы материалы и граничные условия, произведено разбиение сетки конечных элементов, заданы нагрузки и выполнен расчет.

Выявленные недостатки в результате расчета существующей конструкции несущего кронштейна позволили предложить усовершенствованное конструктивное решение несущего кронштейна для крепления фасадных систем не к торцу перекрытия здания, а к его горизонтальной поверхности, что изменяет расчетную схему, как самого кронштейна, так и анкеров, работающих в данном случае на срез взамен вырыва. Материалом кронштейна был задан алюминиевый сплав с расчетным сопротивлением 100 МПа, его преимущество в том, что кронштейн можно задать практически любой формы благодаря методу экструзии [22]. По предложенному решению авторами получен патент на изобретение РФ № 2804058, с целью оценки несущей способности разработанного решения несущего кронштейна произведены численные исследования по аналогии с существующим кронштейном, представленным выше. Общий вид моделей существующего и разработанного кронштейнов представлены на рис. 2.

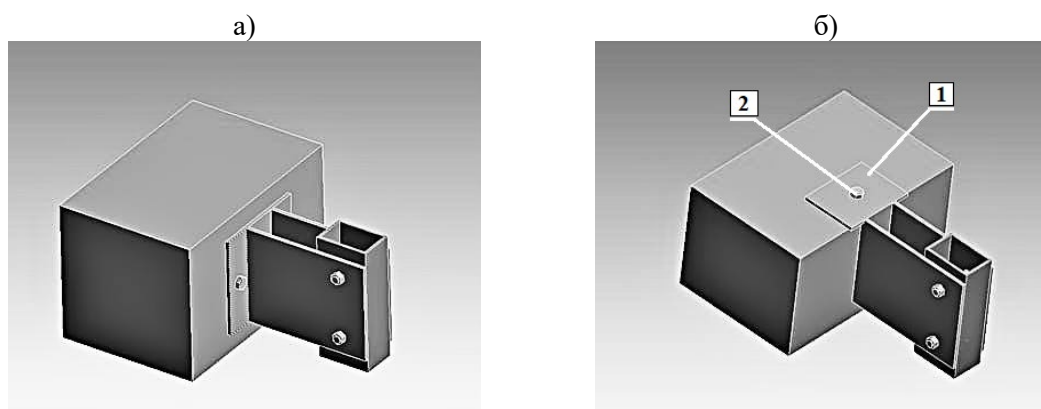


Рис. 2. Конечно-элементные модели кронштейнов: а – существующий, б – разработанный по полученному патенту на изобретение РФ № 2804058, где 1 – добавленная горизонтальная пластина, 2 – перенесенный на горизонтальную пластину анкер (иллюстрация авторов)

Fig. 2. Finite element bracket models: a – existing, b – developed according to the received patent for invention of the Russian Federation No. 2804058, where 1 is an added horizontal plate, 2 is an anchor transferred to a horizontal plate (illustration by the authors)

### 3. Результаты и обсуждение

По итогам численных исследований несущей способности моделей, как существующего кронштейна, так и разработанного, получены картины НДС, представленные на рис. 3 и 4, соответственно.

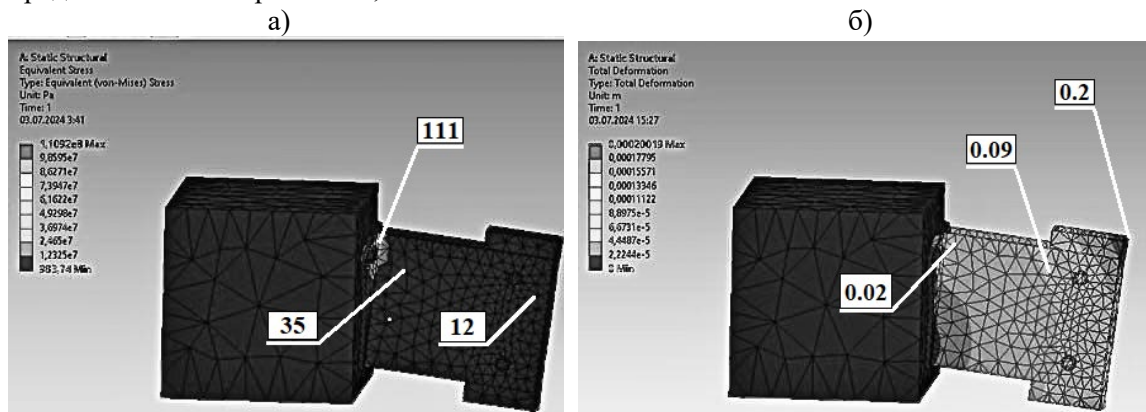


Рис. 3. НДС модели существующего кронштейна фасадной системы: а – распределение и значения эквивалентных напряжений, б – распределение и значения перемещений (иллюстрация авторов)

Fig. 3. Stress-strain state of the model of the existing bracket of the facade system: a – distribution and values of equivalent stresses, b – distribution and values of deformations (illustration by the authors)

По результатам расчета модели существующего кронштейна установлено, что уровень напряжений в пределах значений 111 МПа не превышает расчетного сопротивления стали, а прогиб консоли кронштейна, равный 0.2 мм, не превышает предельно допустимых значений, однако, распределение напряжений по площади кронштейна происходит локально в зоне анкерных болтов, при этом остальное сечение практически не включено в работу, что говорит о нерациональном использовании материала по сечению существующего кронштейна.

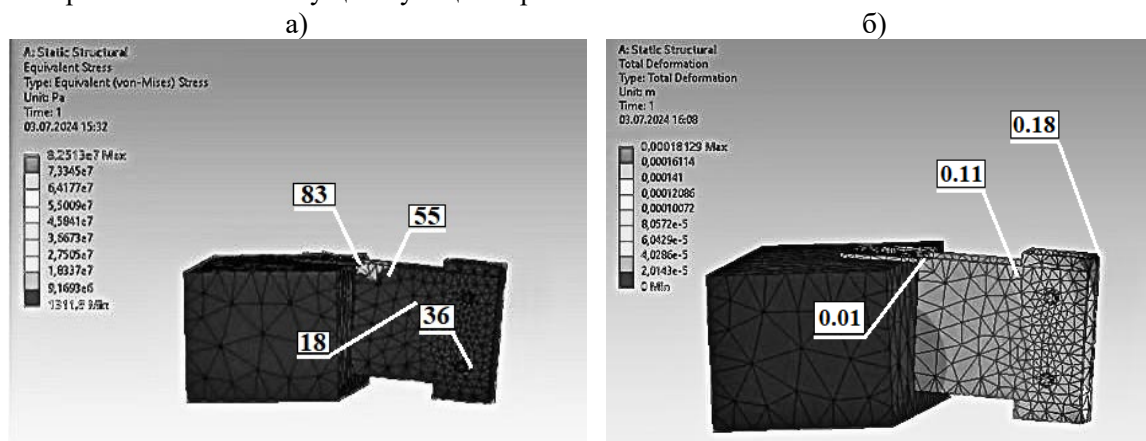


Рис. 4. НДС модели разработанного кронштейна фасадной системы: а – распределение и значения эквивалентных напряжений, б – распределение и значения перемещений (иллюстрация авторов)

Fig. 4. Stress-strain state of the model of the developed bracket of the facade system: a – distribution and values of equivalent stresses, b – distribution and values of deformations (illustration by the authors)

По результатам расчета модели разработанного кронштейна установлено, что уровень напряжений в пределах значений 83 МПа не превышает расчетного сопротивления алюминиевого сплава в 100 МПа, а прогиб консоли кронштейна, равный 0.18 мм, не превышает предельно допустимых значений, однако, для дополнительного снижения массы кронштейна выполнены численные исследования по определению наиболее рациональных геометрических параметров разработанной модели несущего кронштейна.

Дополнительный расчет произведен в программном комплексе «ANSYS 2020 R2» в блоке «Response surface optimization», в котором определялись наиболее рациональные геометрические параметры кронштейна по выше разработанной модели статического расчета с ограничительным условием по критерию минимума массы. В результате расчета получены области зависимостей значений выходных параметров (перемещений, эквивалентных напряжений и массы кронштейна) от входных параметров (геометрических размеров кронштейна), некоторые из которых представлены на рис. 5.

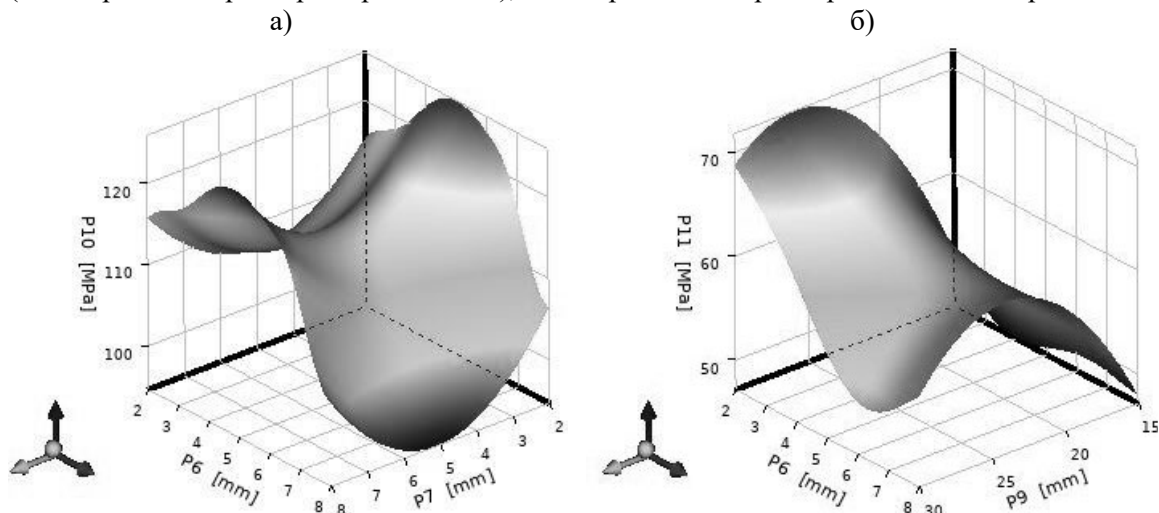


Рис. 5. Области зависимостей эквивалентных напряжений частей модели разработанного кронштейна фасадной системы (P10 и P11) от геометрических параметров: а – от толщины вертикальной опорной части (P7) и толщины горизонтальной части (P6), б – от расстояния от края до оси анкера (P9) и толщины горизонтальной части (P6) (иллюстрация авторов)

Fig. 5. Areas of dependence of equivalent stresses of parts of the model of the developed facade system bracket (P10 and P11) on geometric parameters: a – on the thickness of the vertical supporting part (P7) and the thickness of the horizontal part (P6), b – on the distance from the edge to the axis of the anchor (P9) and thickness of the horizontal part (P6) (illustration by the authors)

По полученным массивам значений перемещений, напряжений и массы кронштейна в зависимости от изменяемых геометрических размеров модели кронштейна, задаются дополнительные ограничительные условия по каждому из параметров:

- по подбору толщин элементов модели кронштейна исходя из технологических возможностей экструдера;
- по высоте вертикальной части исходя из средней толщины монолитных перекрытий, на торец которых устанавливается кронштейн;
- по размерам горизонтальной пластины исходя из краевых условий установки анкерных болтов;
- по нормативным отступам оси анкерного болта до края элемента кронштейна;
- по уровню напряжений до расчетного сопротивления алюминиевого сплава;
- по значениям перемещений, не превышающих предельно допустимые и др.

По выше упомянутым условиям из массива полученных значений входных и выходных параметров, по критерию минимума массы рассчитываются наиболее рациональные геометрические параметры модели разработанного кронштейна, и выдается три варианта конструирования.

В результате работы был получен новый узел фасадной системы, характеризующийся улучшенными жесткостными характеристиками и измененной схемой работы, при которой нагрузка приходится на верхнюю поверхность перекрытия здания, а не в ее торец, проведенные численные исследования несущей способности подтвердили достаточную несущую способность по первой и второй группам предельных состояний, выполненный поиск рациональных геометрических параметров позволил снизить массу кронштейна на 40% по сравнению с существующим решением кронштейна для крепления фасадной системы ГК "Сфера" "КСПКн-80", характеристики которого представлены на сайте производителя (интернет ресурс <https://www.sphera.insite74.ru/produktsiya/kronshteyny/kronshtejn-kspkn.html>).

#### 4. Заключение

1) Произведен обзор и анализ существующих решений несущих кронштейнов для крепления светопрозрачных фасадных конструкций (СФК) к монолитным железобетонным перекрытиям каркаса зданий;

2) Выполнена численная оценка напряженно-деформированного состояния существующего решения несущего кронштейна, в результате которой выявлено, что по первой и второй группам предельных состояний несущая способность кронштейна обеспечена, однако, распределение напряжений по площади кронштейна происходит локально в зоне анкерных болтов, при этом остальное сечение практически не включено в работу, что говорит о нерациональном использовании материала по сечению существующего кронштейна;

3) Разработано новое конструктивное решение несущего кронштейна, которое позволяет изменить схему работы кронштейна и повысить жесткость за счет крепления к верхней поверхности перекрытия путем устройства горизонтальной пластины. По предложенному решению получен патент на изобретение РФ;

4) Выполнены численные исследования несущей способности модели кронштейна по предложенному конструктивному решению, в результате которых доказано обеспечение требуемой прочности и жесткости конструкции;

5) По выполненным дополнительным численным исследованиям определены наиболее рациональные геометрические параметры модели разработанного кронштейна, полученные по критерию минимума массы;

6) Произведен сравнительный анализ существующего и разработанного конструктивного решения несущего кронштейна фасадной системы, в результате которого установлено снижение массы нового кронштейна на 40% по сравнению с существующим за счет использования алюминиевых сплавов вместо стали и более рационального использования сечения.

#### Список литературы /References

1. Шарагина М.П., Энергоэффективные светопрозрачные конструкции общественных зданий // Инженерные исследования. 2023. Т.1(11) С. 3-10 [Sharagina M.P., Energy efficient translucent structures of public buildings // Engineering research. 2023. Vol. 1(11) P. 3-10].
2. Evers, W. F. (Ed.). Modern Facade Design: Building Envelopes in Contemporary Architecture. London: Routledge, 2017. 96 p.
3. Herzog T., Krippner R., & Lang W. Facade Construction Manual. Basel: Birkhäuser, 2004. 155 p.
4. Алисултанов Р.С., Кумскова Е.С. Теоретические предпосылки к определению нагрузочной способности фасадного анкерного дюбеля // Мониторинг. Наука и технологии. 2017. Т. 3(32). С. 81-85. [Alisultanov R.S., Kumsikova E.S. Theoretical prerequisites for determining the load capacity of a facade anchor dowel // Monitoring. Science and technology. 2017. Vol. 3(32). P. 81-85.]
5. Кафтаева М.В., Жигулин С.П., Леухина С.А., Ренгач П.А., Мельников А.Г. О несущей способности анкерного крепления под воздействием осевых нагрузок в автоклавных ячеистых бетонах // Университетская наука. 2017. Т. 3, № 4. С. 29-36. [Kaftaeva M.V., Zhigulin S.P., Leukhina S.A., Rengach P.A., Melnikov A.G. On the bearing capacity of anchor fastening under the influence of axial loads in autoclave cellular concretes // University Science. 2017. Vol. 3, No. 4. P. 29-36.]
6. Кафтаева М.В., Жигулин С.П., Мельников А.Г. Несущая способность крепления анкеров фирмы EJOT в автоклавных ячеистых бетонах под воздействием осевых нагрузок // Университетская наука. 2018. Т. 1(5). С. 48-52. [Kaftaeva M.V., Zhigulin S.P., Melnikov A.G. Bearing capacity of anchoring EJOT anchors in autoclave cellular concretes under the influence of axial loads // University Science. 2018. Vol. 1(5). P. 48-52]
7. Корнев Д.А. Усталостные повреждения анкерного дюбеля навесных фасадных систем при циклических воздействиях // Бюллетень строительной техники. 2021. Т. 2(1038). С. 44-47. [Kornev D.A. Fatigue damage to the anchor dowel of hinged

- facade systems under cyclic influences // BST: Bulletin of construction machinery. 2021. Vol. 2 (1038). P. 44-47.]
8. Еремеев П.Г., Ведяков И.И., Королева Е.А. Светопрозрачные крыши с использованием стекла для большепролетных покрытий // Промышленное и гражданское строительство. 2019. Т. 6. С. 23-28. [Yeremeev P.G., Vedyakov I.I., Koroleva E.A. Translucent roofs using glass for long-span coatings // Industrial and civil construction. 2019. Vol. 6. P. 23-28.]
  9. Петрюков А.М., Щетинин В.Н. Технологии монтажа светопрозрачных конструкций высотных многоэтажных зданий – сб. докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института промышленного и гражданского строительства / Московский государственный строительный университет. Москва, 2024. С. 986-988. [Petryukov A.M., Shchetinin V.N. Technologies of installation of translucent structures of high-rise multi-storey buildings: dig. of reports of a scientific and technical conference based on the results of research works by students of the Institute of Industrial and Civil Engineering/ Moscow State University of Civil Engineering. Moscow, 2024. P. 986-988.]
  10. Lu W., Wang Y., Chen H., Jiang L., Duan Q., Li M., Wang Q., Sun J. Investigation of the thermal response and breakage mechanism of point-supported glass facade under wind load // Construction and Building Materials. 2018. Vol. 186. P. 635–643.
  11. Галямичев А.В., Бабаев М.В. Оценка эффективности применения нормативной документации к проектированию фасадных светопрозрачных конструкций // Неделя науки ИСИ. 2021. Т. 2. С. 423-425 [Galyamichev A.V., Babaev M.V. Assessing the effectiveness of applying normative documentation to the design of facade translucent structures // ISI Science Week. 2021. Vol. 2. P. 423-425].
  12. Галямичев А.В. Специфика определения нагрузок на ограждающие конструкции и ее влияние на результаты их статического расчета// Интернет журнал «Науковедение». 2015. Т. 7(2). DOI:10.15862/54TVN215 [Galyamichev A.V. Specifics of determining loads on enclosing structures and its influence on the results of their static calculations // Internet journal “Science”. 2015. Vol. 7(2). DOI:10.15862/54TVN215].
  13. Weller B., Meier A., Weimar T. Glass-steel beams as structural members of facades: Challenging Glass 2 Conference on Architectural and Structural Applications of Glass - Laminated Glass & Interlayer Properties / Dresden University of Technology. 2010. Vol.2. P. 517–524.
  14. Верховский А.А., Константинов А.П., Смирнов В.А. Требования нормативной документации к светопрозрачным фасадным конструкциям // Светопрозрачные конструкции. 2020. Т. 3-4 (131-132). С. 43-47. [Verkhovsky A.A., Konstantinov A.P., Smirnov V.A. Requirements of regulatory documentation for translucent facade structures // Translucent structures. 2020. Vol. 3-4 (131-132). P. 43-47.]
  15. Константинов А.П., Ибрагимов А.М. Комплексный подход к расчету и проектированию светопрозрачных конструкций // Жилищное строительство. 2019. Т. 1-2. С. 14-17. [Konstantinov A.P., Ibragimov A.M. An integrated approach to the calculation and design of translucent structures // Housing construction. 2019. Vol. 1-2. P. 14-17.]
  16. Шмурыгин П.А., Ефимов А.А. Влияние учета жесткости узлов на металлоемкость несущего каркаса// Научные исследования XXI века. 2021. С. 81-84. [Shmurygin P.A., Efimov A.A. The influence of taking into account the rigidity of nodes on the metal consumption of the supporting frame // Scientific research of the XXI century. 2021. P. 81-84]
  17. Naario J., Heinisuo M. Minimum cost steel beam using semi-rigid joints// Journal of Structural Mechanics. 2010. Vol. 43(1), P. 1-11.
  18. Вахрушев К. Г., Озеров В. Ю., Звягинцев С. В., Мельник С. В. Проектирование и возведение светопрозрачных оболочек криволинейных поверхностей с применением стоечно-ригельных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2023. Т. 10. С. 77-88. DOI 10.33622/0869-7019.2023.10.77-88. EDN LQLZFW. [K. G. Vakhrushev, V. Yu. Ozerov, S. V. Zvyagintsev, S. V. Melnik. Design



- and construction of translucent shells of curved surfaces using rack-and-crossbar structures // *Industrial and civil engineering*. 2023. Vol. 10. P. 77-88. DOI 10.33622/0869-7019.2023.10.77-88. EDN LQLZFW.]
19. Ведяков И.И., Конин Д.В., Артамонов В.А., Егорова А.А., Ртищева И.В. Прочность и деформативность стеклянных конструкций при испытаниях на сжатие и изгиб // *Вестник НИЦ Строительство*. 2020. Т. 2 (25). С. 44-56. [Vedyakov I.I., Konin D.V., Artamonov V.A., Egorova A.A., Rtishcheva I.V. Strength and deformability of glass structures during compression and bending tests. *Bulletin of the Scientific Research Center Construction*. 2020. Vol. 2 (25). P. 44-56.]
  20. Salakhutdinov M.A., Gimranov L.R., Kuznetsov I.L., Fakhrutdinov A.E., Nurgaleeva L.M. PFRP structures under the predominately short term load. *Magazine of Civil Engineering*. 2020. 96(4). P. 3–14. DOI: 10.18720/MCE.96.1
  21. Kuznetsov I. L., Gainetdinov R. G. “New nodal connection of thin-walled cold formed profiles with a trapezoidal wall using separate welded bushings.” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 890 (2020): n. pag.
  22. Lee A. D., Shepherd P., Evernden M. C., Metcalfe D. Optimizing the Cross-sectional Shapes of Extruded Aluminium Structural Members for Unitized Curtain Wall Facades // *Structures*. 2017. Vol. 10. P. 147–156.

#### Информация об авторах

**Антонов Анатолий Сергеевич**, аспирант, старший преподаватель, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация

E-mail: antonov01234@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6750-4172

**Алитдинова Регина Эдуардовна**, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация

E-mail: regina\_alitdinova@mail.ru

**Галимов Ринат Равилевич**, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация;

E-mail: rinatgal2002@gmail.com

**Шмелев Геннадий Николаевич**, кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительных университет, г. Казань, Российская Федерация;

E-mail: gn.shmelev@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6472-9413

**Валиев Ильнар Рамилович**, аспирант, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация

E-mail: ilnar.valiev.99.99@mail.ru

#### Information about the authors

**Anatoly S. Antonov**, post-graduate student, senior lecturer, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

E-mail: antonov01234@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6750-4172

**Regina E. Alitdinova**, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

E-mail: regina\_alitdinova@mail.ru

**Rinat R. Galimov**, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

E-mail: rinatgal2002@gmail.com

**Gennady N. Shmelev**, candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

E-mail: gn.shmelev@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6472-9413

**Ilnar R. Valiev**, post-graduate student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

E-mail: ilnar.valiev.99.99@mail.ru