

Технические науки. Архитектура и строительство

DOI:

УДК: 624.131

МРНТИ: 67.11.39

Исследование надежности современных вентилируемых фасадов для зданий гражданского назначения¹ Аввад Т., ² Махметов А.А., *² Ниетбай С.Е.¹ Дамасский университет, Дамаск, Сирийская Арабская Республика² Международная образовательная корпорация, Алматы к., Қазақстан*Автор-корреспондент e-mail: s.nietbay@mok.kz

Поступила: 2 марта 2026
 Рецензирование: 01 марта 2026
 Принята в печать: 20 марта 2026

Аннотация

В работе выполнено сравнительное исследование трёх вариантов фасадной подсистемы навесного вентилируемого фасада, отличающихся конструктивным исполнением и типом применяемых опорных кронштейнов. Моделирование и расчёт напряжённо-деформированного состояния выполнены в программном комплексе StatUs при одинаковых граничных условиях и параметрах эксплуатации. В расчётах учтены основные действующие нагрузки, включая собственный вес элементов подсистемы, ветровые воздействия и гололёдные нагрузки, характерные для рассматриваемого района строительства. В ходе исследования проведён анализ распределения напряжений в элементах подсистемы, определены реакции в узлах крепления к несущей конструкции здания, а также оценены величины прогибов и общая жёсткость системы. Дополнительно выполнено сравнение работы конструкций с точки зрения равномерности распределения усилий, устойчивости элементов и эффективности работы кронштейнов при передаче нагрузок на основание. По результатам расчётного анализа установлен наиболее рациональный вариант опорного кронштейна, обеспечивающий требуемый запас прочности, снижение концентраций напряжений, оптимальное распределение нагрузок и соответствие нормативным требованиям по деформациям. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании фасадных подсистем навесных вентилируемых фасадов с целью повышения их надёжности, долговечности и экономической эффективности.

Ключевые слова: вентилируемые фасады, надёжность, долговечность, гражданские здания, эксплуатационные нагрузки, фасадные системы.

<i>Аввад Т.</i>	Информация об авторах: <i>Доктор технических наук, профессор, Дамасский университет, Дамаск, Сирийская Арабская Республика. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6487-2428 E-mail: dr.awwad.gfce@gmail.com</i>
<i>Махметов А.А.</i>	<i>Магистрант, Международная образовательная корпорация, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0008-7911-1323 E-mail: mahmetov.adil@mail.ru</i>
<i>Ниетбай С.Е.</i>	<i>PhD, ассоциированный профессор, Международная образовательная корпорация, г. Алматы, Республика Казахстан., г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9748-6830 E-mail: s.nietbay@mok.kz</i>

Техникалық ғылымдар. сәулет және құрылыс

DOI:

ӘОЖ: 624.131

GTAMP: 67.11.39

Азаматтық мақсаттағы ғимараттар үшін заманауи желдетілетін қасбеттердің сенімділігін зерттеу

¹ Аввад Т., ² Махметов А.А., *² Ниетбай С.Е.

¹ Дамаск университеті, Дамаск, Сирия Араб Республикасы

² Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы қ., Қазақстан

* Хат алмасу үшін автор (корреспондент-автор): s.nietbay@mok.kz

Қабылданды: 2026 жылғы
2 наурыз
Рецензиялау: 2026 жылғы
1 наурыз
Баспаға қабылданды:
2026 жылғы 20 наурыз

Түйіндеме

Бұл жұмыста аспалы желдетілетін қасбеттің фасадтық ішкі жүйесінің үш нұсқасына салыстырмалы зерттеу жүргізілді, олар конструктивтік орындалуы мен қолданылатын тірек кронштейндерінің түрі бойынша ерекшеленеді. Кернеулі-деформациялық күйді модельдеу және есептеу StatUs бағдарламалық кешенінде бірдей шекаралық шарттар мен пайдалану параметрлері жағдайында орындалды. Есептеулерде ішкі жүйе элементтерінің меншікті салмағы, жел жүктемелері және қарастырылып отырған құрылыс ауданына тән мұздану жүктемелері сияқты негізгі әсер етуші жүктемелер ескерілді. Зерттеу барысында ішкі жүйе элементтеріндегі кернеулердің таралуы талданып, ғимараттың көтергіш конструкцияларына бекіту тораптарындағы реакциялар анықталды, сондай-ақ элементтердің майысу шамалары мен жүйенің жалпы қаттылығы бағаланды. Қосымша түрде күштердің біркелкі таралуы, элементтердің орнықтылығы және кронштейндердің жүктемені негізге беру кезіндегі жұмыс тиімділігі тұрғысынан конструкциялардың жұмысына салыстырмалы талдау жүргізілді. Есептік талдау нәтижесінде қажетті беріктік қорын қамтамасыз ететін, кернеулер шоғырлануын азайтатын, жүктемелердің оңтайлы таралуын қамтамасыз ететін және деформациялар бойынша нормативтік талаптарға сәйкес келетін тірек кронштейнінің ең тиімді нұсқасы анықталды. Алынған нәтижелер аспалы желдетілетін қасбеттердің фасадтық ішкі жүйелерін жобалау кезінде олардың сенімділігін, ұзақ мерзімділігін және экономикалық тиімділігін арттыру мақсатында қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: желдетілетін қасбеттер, сенімділік, ұзақ мерзімділік, азаматтық ғимараттар, пайдалану жүктемелері, фасадтық жүйелер.

	Авторлар туралы ақпарат:
Аввад Т.	Техника ғылымдарының докторы, профессор, Дамаск университеті, Дамаск, Сирия Араб Республикасы. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6487-2428 E-mail: dr.awwad.gfce@gmail.com
Махметов А.А.	Магистрант, Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0008-7911-1323 E-mail: mahmetov.adil@mail.ru
Ниетбай С.Е..	PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы қ., Қазақстан Республикасы. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9748-6830 E-mail: s.nietbay@mok.kz

Technical sciences: Architecture and construction

DOI:

UDC: 624.131

IRSTI: 67.11.39

Study of the Reliability of Modern Ventilated Facades for Civil Buildings¹ Awwad T., ² Makhmetov A.A., *² Nietbay S.E.¹ University of Damascus, Damascus, Syrian Arab Republic² International Educational Corporation, Almaty, Kazakhstan*Corresponding author e-mail: s.nietbay@mok.kz

Received: March 2, 2026
 Under review: March 1, 2026
 Accepted for publication: March 20,
 2026

Abstract

This paper presents a comparative study of three variants of a ventilated curtain wall façade subsystem differing in structural configuration and in the type of supporting brackets used. Modeling and stress–strain state analysis were carried out using the StatUs software package under identical boundary conditions and operational parameters. The calculations considered the main acting loads, including the self-weight of subsystem elements, wind loads, and ice loads characteristic of the construction region under consideration. The study included an analysis of stress distribution within subsystem elements, determination of reactions at fastening nodes connected to the building’s load-bearing structure, and evaluation of deflections and overall system stiffness. Additionally, a comparison of structural performance was performed in terms of load distribution uniformity, element stability, and the efficiency of bracket performance in transferring loads to the base structure. Based on the results of the structural analysis, the most rational supporting bracket option was identified, providing the required safety margin, reduced stress concentrations, optimal load distribution, and compliance with regulatory deformation requirements. The obtained results can be applied in the design of ventilated façade subsystems to improve their reliability, durability, and economic efficiency.

Keywords: ventilated façades, reliability, durability, civil buildings, operational loads, façade systems

	Information about authors:
<i>Awwad T.</i>	Doctor of Technical Sciences, Professor, University of Damascus, Damascus, Syrian Arab Republic. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6487-2428 E-mail: dr.awwad.gfce@gmail.com
<i>Makhmetov A.A.</i>	Master’s student, International Educational Corporation, Almaty, Republic of Kazakhstan. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0008-7911-1323 E-mail: mahmetov.adil@mail.ru
<i>Nietbay S.E.</i>	PhD, Associate Professor, International Educational Corporation, Almaty, Republic of Kazakhstan. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9748-6830 E-mail: s.nietbay@mok.kz

1. Введение

Современное строительство всё шире использует системы навесных вентилируемых фасадов благодаря их энергоэффективности, архитектурной выразительности, возможности реконструкции зданий без значительного вмешательства в несущие конструкции, а также удобству и технологичности монтажа [1,2]. Применение таких систем позволяет улучшить теплотехнические характеристики зданий, повысить долговечность ограждающих конструкций и обеспечить эффективный отвод влаги из слоя утеплителя, что особенно важно при эксплуатации зданий в условиях переменного климата.

Надёжность и долговечность навесных фасадных систем во многом определяется правильным подбором элементов подсистемы, воспринимающих нагрузки от облицовки и внешних воздействий [3]. Подсистема обеспечивает передачу нагрузок от облицовочных панелей на несущие конструкции здания, формирует вентиляционный зазор и определяет пространственную жёсткость всей конструкции. Ошибки при проектировании или выборе элементов подсистемы могут привести к повышенным деформациям, возникновению концентраций напряжений, снижению эксплуатационной надёжности и увеличению затрат на обслуживание фасада.

Одним из ключевых элементов фасадной подсистемы являются опорные кронштейны, через которые осуществляется передача нагрузок от направляющих профилей и облицовки на несущую стену здания [4]. Кронштейны воспринимают действие постоянных и временных нагрузок, включая собственный вес элементов фасада, ветровые воздействия, температурные деформации и гололёдные нагрузки [5]. При этом конструктивное исполнение кронштейнов существенно влияет на распределение усилий, величины прогибов направляющих профилей, а также на нагрузки, воспринимаемые узлами крепления к стене.

Неправильный выбор типа кронштейна или недостаточная оценка его работы в составе фасадной системы может привести к увеличению нагрузок на анкеры, росту деформаций элементов, возникновению локальных повреждений облицовки и снижению общей надёжности фасадной конструкции [5]. В ряде случаев это приводит к необходимости усиления подсистемы или проведению внеплановых ремонтных работ, что увеличивает эксплуатационные затраты.

В практическом проектировании часто возникает необходимость выбора наиболее рационального типа кронштейна при сохранении неизменных условий эксплуатации фасада, геометрических параметров системы и типа облицовки. При этом различные конструктивные решения кронштейнов могут демонстрировать отличающуюся работу под действием одинаковых нагрузок, что требует проведения расчётного анализа и сопоставления результатов [3].

В связи с этим анализ влияния конструктивных особенностей опорных кронштейнов на напряжённо-деформированное состояние фасадной подсистемы является актуальной инженерной задачей, направленной на повышение надёжности и экономической эффективности проектных решений.

Целью данной работы является сравнительный анализ работы фасадной подсистемы при использовании различных вариантов опорных кронштейнов в одинаковых расчётных условиях и определение наиболее рационального конструктивного решения, обеспечивающего требуемый уровень прочности и жёсткости системы при оптимальном распределении нагрузок.

2. Материалы и методы

Расчёт несущей способности элементов фасадной подсистемы выполнен для одинаковых условий эксплуатации с целью корректного сравнения вариантов конструктивных решений. Во всех рассматриваемых вариантах сохранялись неизменными параметры здания, нагрузки и основные элементы подсистемы; изменялся только тип опорного кронштейна.

В расчёте приняты следующие параметры:
 уровень ответственности здания - КС-2;
 ветровой район II, тип местности В;
 высота применения системы - 20 м;
 гололёдный район - II;
 материал облицовки - НРЛ-панели;
 вес облицовки - 15 кг/м²;
 вертикальный профиль - КС-П 201 (40×60×1,8);
 шаг профилей - 0,6 м;
 длина профиля - 3 м;
 вылет системы - 0,2 м;
 несущий кронштейн - КС-К 105;
 расчётное усилие анкера на вырыв - 6 кН.

Расчёт несущей способности элементов фасадной подсистемы выполнен с использованием программного комплекса StatUs на основании положений сопротивления материалов и действующих нормативных документов.

В расчёте учитывались следующие виды нагрузок:

- собственный вес элементов подсистемы и облицовки;
- ветровые нагрузки;
- гололёдная нагрузка.

Расчётная погонная нагрузка от собственного веса облицовки и вертикального профиля определялась выражением:

$$P_z = P_o \cdot \gamma_f \cdot l_x + P_p \cdot \gamma_f, \quad (1)$$

где P_o - вес облицовки, l_x - шаг профилей, P_p - вес профиля.

Расчётное давление ветра определялось по зависимости:

$$w = w_0 \cdot k \cdot c \cdot \gamma_p \cdot \gamma_m \cdot \gamma_f \cdot l_x, \quad (2)$$

где w_0 - нормативное ветровое давление, k - коэффициент высоты и типа местности, c - аэродинамический коэффициент.

Гололёдная нагрузка принималась по выражению:

$$i = b \cdot k \cdot \mu_2 \cdot \rho \cdot g \cdot \gamma_f \cdot l_x, \quad (3)$$

где b - толщина стенки гололёда, ρ - плотность льда.

Продольные усилия в направляющих определялись как:

$$N_z = P_z \cdot l_z, \quad (4)$$

где l_z - длина участка профиля, воспринимающего нагрузку.

Изгибающие моменты в элементах подсистемы определялись по расчётной схеме балки:

$$M = k \cdot w \cdot l^2, \quad (5)$$

где k - коэффициент расчётной схемы, l - длина пролёта.

Проверка прочности выполнялась по нормальным напряжениям:

$$\sigma = \frac{M}{W}, \quad (6)$$

где W - момент сопротивления сечения.

Прогибы направляющих профилей проверялись по условию:

$$f \leq f_{\text{доп}}. \quad (7)$$

Нагрузки на анкерные крепления определялись с учётом эксцентриситета приложения нагрузки:

$$N_{\text{анк}} = \frac{M}{b \cdot n}, \quad (8)$$

где b - плечо анкера, n - число анкеров.

Во всех расчётных вариантах сохранялись одинаковые исходные параметры системы, а изменялся только тип опорного кронштейна.

В работе выполнено сравнение трёх вариантов фасадной подсистемы, отличающихся типом применяемого опорного кронштейна. Остальные параметры конструкции, включая тип вертикальных направляющих, шаг профилей, вылет системы, тип несущих кронштейнов и условия эксплуатации, во всех вариантах сохранялись неизменными.

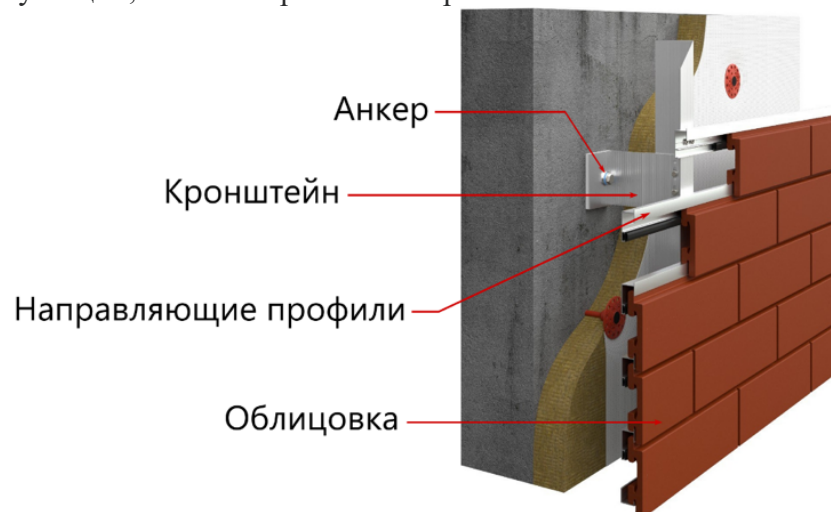


Рисунок 1. Конструктивная схема навесной фасадной системы с указанием основных элементов крепления [собственный материал автора]

Рассмотрены следующие варианты подсистемы:

Вариант 1.

Подсистема с применением опорного кронштейна КС-К 105 (Standard 180 L+), закрепляемого к несущей конструкции здания при помощи одного анкера.

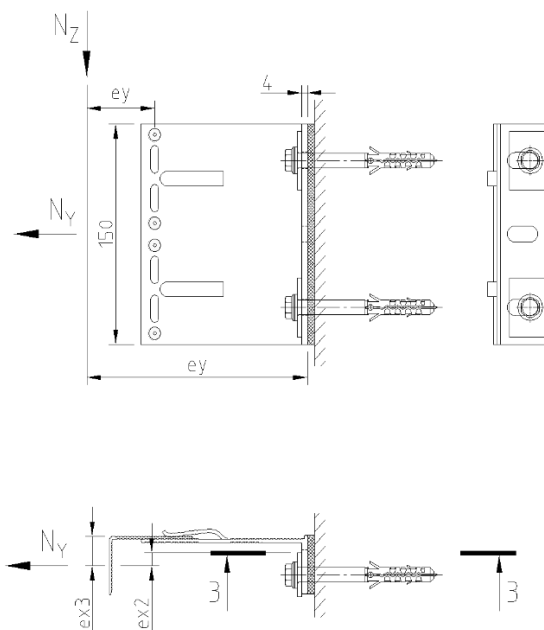


Рисунок 2. Схема крепления фасадного кронштейна(180 L+), к несущей стене и направления действующих нагрузок, используемые при выполнении расчётов[собственный материал автора]

Вариант2.

Подсистема с применением опорного кронштейна КС-К 115 (Standard 180 M), закрепляемого с использованием двух анкеров, что обеспечивает более равномерное распределение нагрузок в узле крепления.

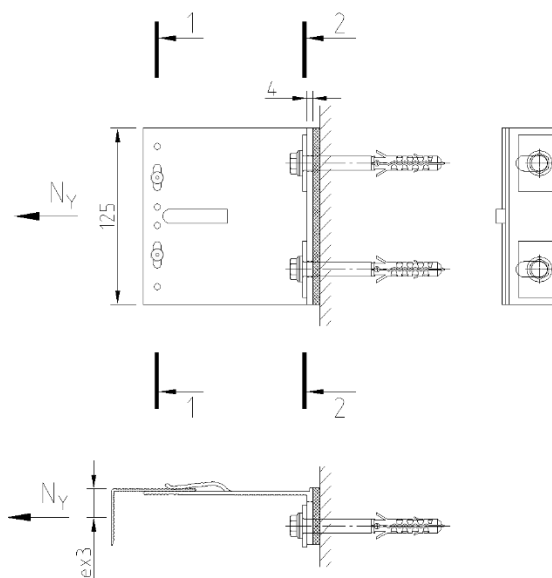


Рисунок 3. Схема крепления фасадного кронштейна(180 L), к несущей стене и направления действующих нагрузок, используемые при выполнении расчётов [собственный материал автора]

Вариант3.

Подсистема с применением опорного кронштейна КС-К 135 (Standard 180 L), при котором изменяется расчётная схема работы профиля и перераспределяются усилия в элементах системы.

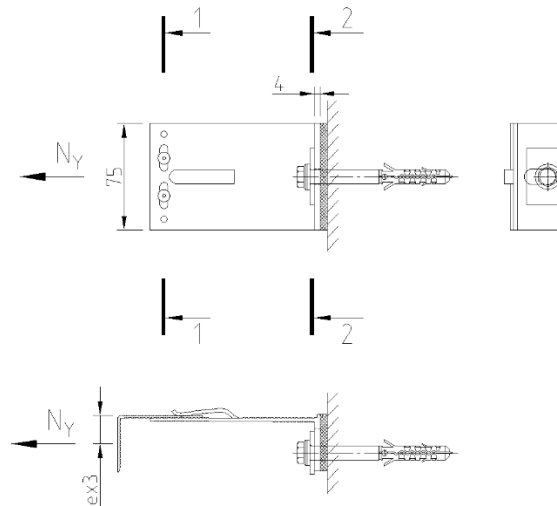


Рисунок 4. Схема крепления фасадного кронштейна (180 М), к несущей стене и направления действующих нагрузок, используемые при выполнении расчётов [собственный материал автора]

Расчёты для каждого варианта выполнены при одинаковых нагрузках и геометрических параметрах системы, что позволяет оценить влияние конструктивных особенностей опорных кронштейнов на работу фасадной подсистемы.

3. Результаты

По результатам расчётов для каждого варианта фасадной подсистемы были получены значения напряжений в элементах направляющих профилей, усилий в кронштейнах, нагрузок на анкерные крепления и величины прогибов элементов системы.

Расчёты выполнялись для одинаковых параметров здания и нагрузок, что позволило выполнить корректное сравнение вариантов работы подсистемы при изменении типа опорного кронштейна.

Для варианта 1 расчёт показал выполнение условий прочности и жёсткости для всех элементов подсистемы. Напряжения в направляющих профилях и кронштейнах не превышают допустимые значения, а нагрузки на анкерные крепления находятся в пределах расчётных сопротивлений.

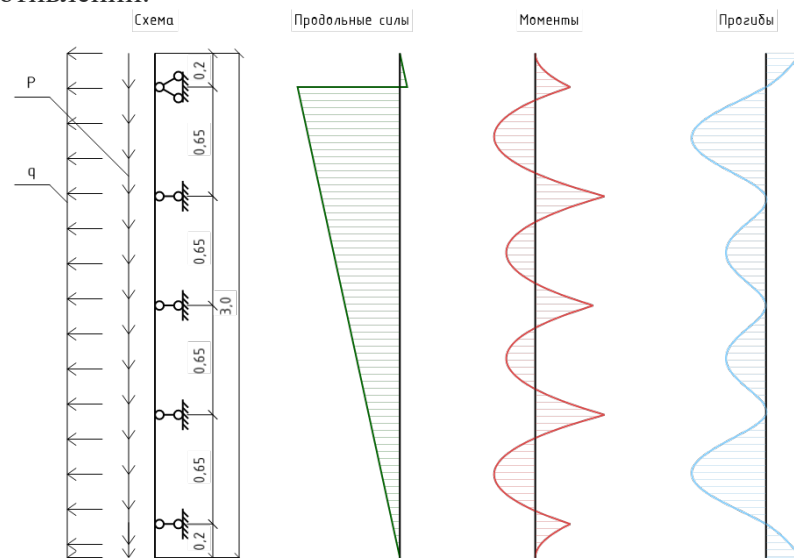


Рисунок 5. Расчетная схема и эпюры усилий, моментов и прогибов профиля для 1 варианта [собственный материал автора]

Во втором варианте также обеспечивается выполнение условий прочности всех элементов системы. При этом наблюдается более равномерное распределение нагрузок между элементами подсистемы, что свидетельствует о более эффективной работе конструкции.

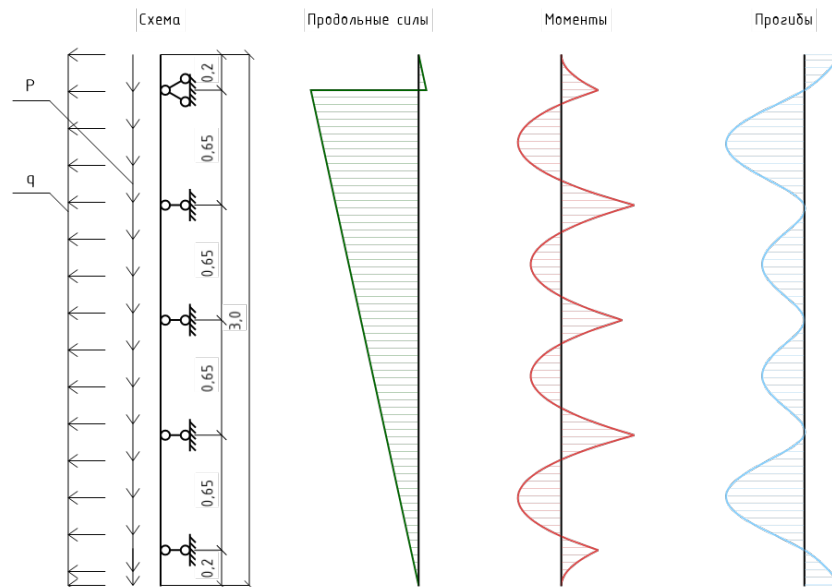


Рисунок 6. Расчетная схема и эпюры усилий, моментов и прогибов профиля для 2 варианта [собственный материал автора]

В третьем варианте расчёт показал превышение допустимых напряжений в одном из опорных кронштейнов несмотря на то, что направляющие профили и крепления работают в допустимых пределах. Это указывает на невозможность применения данной схемы без изменения конструктивных параметров.

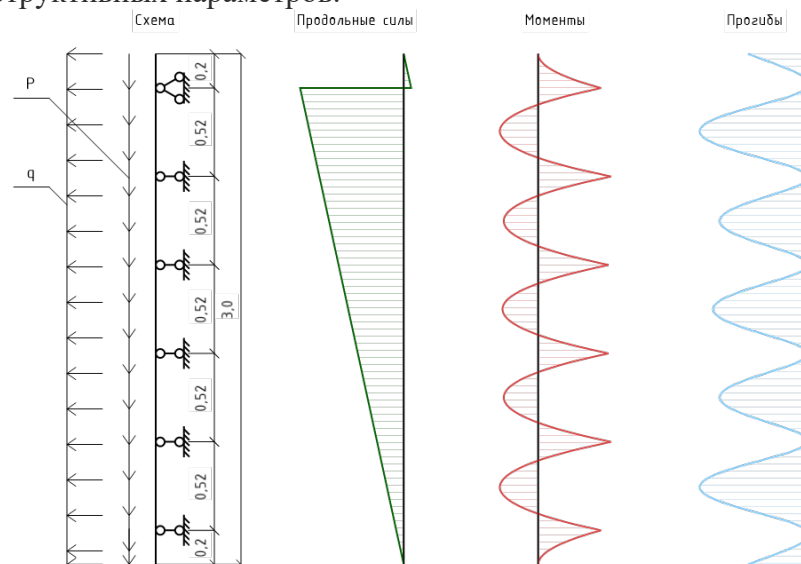


Рисунок 7. Расчетная схема и эпюры усилий, моментов и прогибов профиля для 3 варианта [собственный материал автора]

Основные расчётные результаты для рассматриваемых вариантов приведены в сводной таблице расчётных монтажных схем.

Таблица 1. Сравнительные результаты расчёта фасадной подсистемы для различных вариантов опорных кронштейнов

Высота, м (шаг профиля, м) (вылет, м)	Элемент	Ветровая нагрузка	Напряжения, МПа	Вырывающее усилие анкера, кН	Прогиб, см	Выполнение условий прочности
1) 3 м четырехпролетная балка КС-П 201 (L 40x60x1,8) 'St 180 L+[2]_4St 180 L+[1c] 0,2 0,65+0,65+0,65+0,65 0,2.						
20 (0,6) (0,2)	КС-П 201 (L 40x60x1,8)	II B	$105,7 \leq 120$		$0,11 \leq 0,43$	Выполняются для всех элементов
	КС-К 105 (Standard 180 L+)		$100,5 \leq 120$	$0,74 \leq 6$	$0,002 \leq 0,27$	
1) 3 м четырехпролетная балка КС-П 201 (L 40x60x1,8) 'St 180 L+[2]_4St 180 L[2] 0,2 0,65+0,65+0,65+0,65 0,2.						
20 (0,6) (0,2)	КС-П 201 (L 40x60x1,8)	II B	$105,7 \leq 120$		$0,11 \leq 0,43$	Выполняются для всех элементов
	КС-К 105 (Standard 180 L+)		$69,4 \leq 120$	$0,81 \leq 6$	$0,002 \leq 0,27$	
	КС-К 135 (Standard 180 L)		$112,1 \leq 120$	$0,42 \leq 6$		
1) 3 м пятипролетная балка КС-П 201 (L 40x60x1,8) 'St 180 L+[2]_5St 180 M 0,2 0,52+0,52+0,52+0,52+0,52 0,2.						
20 (0,6) (0,2)	КС-П 201 (L 40x60x1,8)	II B	$68,8 \leq 120$		$0,04 \leq 0,35$	Не выполняются для: Кронштейна
	КС-К 105 (Standard 180 L+)		$63,8 \leq 120$	$0,79 \leq 6$	$0,002 \leq 0,27$	
	КС-К 115 (Standard 180 M)		$159,3 > 120$	$0,67 \leq 6$		

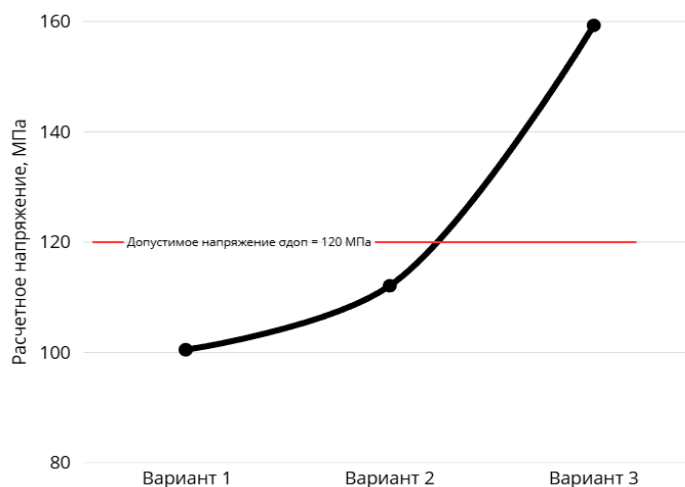


Рисунок 8. Сравнение напряжений в опорных кронштейнах для рассматриваемых вариантов подсистемы

4. Обсуждение

По результатам расчётов выполнено сравнение работы фасадной подсистемы при применении различных типов опорных кронштейнов в одинаковых условиях эксплуатации. Проведённый анализ позволяет оценить влияние конструктивных особенностей узла крепления на напряжённо-деформированное состояние элементов системы и выявить закономерности перераспределения усилий.

В варианте 1 напряжения в вертикальном профиле и кронштейнах не превышают допустимые значения, а нагрузки на анкерные крепления и прогибы направляющих находятся в пределах нормативных требований. Это свидетельствует о корректной работе системы при заданной расчётной схеме. Однако следует отметить, что при данном варианте наблюдается менее равномерное распределение усилий между элементами, что может

приводить к локальному увеличению напряжений в отдельных узлах при неблагоприятных сочетаниях нагрузок.

Во втором варианте также обеспечивается выполнение условий прочности и жёсткости для всех элементов подсистемы. При этом более равномерное распределение нагрузок между элементами системы указывает на повышение общей устойчивости конструкции к перераспределению усилий. Снижение локальных концентраций напряжений способствует увеличению долговечности узлов крепления и снижению риска накопления повреждений при длительной эксплуатации. Таким образом, данный вариант можно рассматривать как наиболее рациональный с точки зрения конструктивной эффективности и надёжности.

В варианте 3 расчёт показал превышение допустимых напряжений в одном из опорных кронштейнов. Основной причиной является изменение расчётной схемы, приводящее к увеличению изгибающего момента в кронштейне. Это связано с уменьшением податливости узла крепления и перераспределением усилий с направляющих профилей на кронштейн. В результате возникает концентрация напряжений, превышающая допустимые значения, что указывает на неэффективность данного конструктивного решения. Несмотря на то, что остальные элементы системы работают в допустимых пределах, наличие хотя бы одного элемента, не удовлетворяющего условиям прочности, делает всю подсистему ненадёжной.

Сравнительный анализ показывает, что изменение типа опорного кронштейна существенно влияет на жёсткость узла крепления и характер взаимодействия элементов системы. Увеличение жёсткости соединения приводит к росту изгибающих моментов в отдельных элементах, тогда как более гибкие схемы способствуют перераспределению усилий и снижению локальных напряжений. Таким образом, при проектировании фасадных систем необходимо учитывать не только прочностные характеристики отдельных элементов, но и их совместную работу в составе системы.

Дополнительно следует учитывать, что при реальной эксплуатации фасадные системы подвергаются воздействию переменных нагрузок (ветровых, температурных), что может усиливать эффект перераспределения напряжений. В этом контексте более равномерное распределение усилий, наблюдаемое во втором варианте, является важным фактором повышения надёжности и долговечности конструкции.

Таким образом, результаты исследования подтверждают, что выбор типа опорного кронштейна оказывает существенное влияние на напряжённо-деформированное состояние фасадной подсистемы. Наиболее эффективным является вариант, обеспечивающий равномерное распределение нагрузок и минимизацию локальных концентраций напряжений, что соответствует второму рассматриваемому варианту.

5. Заключение

В работе выполнено сравнение трёх вариантов фасадной подсистемы, отличающихся типом применяемого опорного кронштейна, при одинаковых расчётных условиях эксплуатации. Расчёты выполнены с использованием программного комплекса StatUs с учётом совместного действия собственного веса конструкции, ветровых и гололёдных нагрузок.

Анализ результатов показал, что изменение типа опорного кронштейна существенно влияет на распределение нагрузок в элементах подсистемы и работу узлов крепления. Установлено, что варианты 1 и 2 обеспечивают выполнение требований прочности и жёсткости конструкции, тогда как в варианте 3 наблюдается превышение допустимых напряжений в кронштейне, что делает данное решение неработоспособным без изменения конструктивных параметров системы.

Наиболее рациональным решением при заданных условиях эксплуатации является вариант 2, обеспечивающий более равномерное распределение нагрузок и достаточный запас прочности элементов подсистемы при сохранении конструктивной простоты.

Полученные результаты подтверждают необходимость расчётного сравнения вариантов фасадных подсистем на этапе проектирования для выбора наиболее эффективных и безопасных конструктивных решений.

Конфликт интересов. Корреспондент автор заявляет, что конфликта интересов нет.

Ссылка на данную статью: Аввад Т., Махметов А.А., Ниетбай С.Е. Исследование надежности современных вентилируемых фасадов для зданий гражданского назначения // Вестник Казахского автомобильно-дорожного института = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutyrynyn Khabarshysy. 2026; 1 (13). <https://doi.org/10.63377/3005-4966.3-2025-01>

Cite this article as: Awwad T., Makhmetov A.A., Nietbay S.E. Study of the Reliability of Modern Ventilated Facades for Civil Buildings [Thermal characteristics of floors on ground when using innovative insulation materials]. Vestnik Kazhaskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta= Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutyrynyn Khabarshysy. 2026; 1 (13). <https://doi.org/10.63377/3005-4966.3-2025-01>

Литература

1. Tusnina V.M. To the problem of bearing capacity and operational reliability of suspended ventilated facade // Procedia Engineering. 2016. Vol. 153. Pp. 799–804. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.245>
2. Maciel A.C.F., Carvalho M.T. Methodology used to investigate the energy savings of opaque ventilated façades in residential buildings in Brazil // MethodsX. 2021. Vol. 8. Article 101227. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101227>
3. Zhangabay N., Bonopera M., Oner A. et al. Analysis of the influence of the geometry of a ventilated facade subsystem on its stress–strain state // Results in Engineering. 2026. Vol. 29. Article 109127. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2026.109127>
4. Shmelev G.N., Faizullina Z.Z. Connection of cladding with guides of a ventilated façade system // Building Structures, Buildings and Constructions. 2024. No. 3(8). Pp. 4–9. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=79562885>
5. Galyamichev A.V. Specific features of determining loads on enclosing structures and their influence on the results of static analysis // Naukovedenie Internet Journal. 2015. Vol. 7. No. 2. DOI: <https://doi.org/10.15862/54TVN215>
6. Antonov A.S., Galimullin I.A., Shmelev G.N. Joint connection of cladding panels to façade system guides using a clamp: Patent of the Russian Federation No. 2773087. Published 30.05.2022. URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2773087
7. Shmelev G.N., Faizullina Z.Z. Connection of cladding with guides of a ventilated façade system using sheathing // Building Structures, Buildings and Constructions. 2024. No. 4(9). Pp. 32–39. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=79566024>
8. Antonov A.S., Galimullin I.A., Shmelev G.N. Joint connection of cladding with guides of an operated façade system: Patent of the Russian Federation No. 2773090. Published 30.05.2022. URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2773090
9. Brenner M., Silvestru V.-A., Studer P. et al. Structural behavior of a wire arc additively manufactured steel eye bar for the repair of a historic high-tech facade // Structures. 2026. Vol. 84. Article 111073. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2026.111073>
10. Nouri Y., Ghasemi Jouneghani H., Haghollahi A., Memarzadeh P., Hemati E. Experimental and numerical study of seismic performance and failure mechanisms of multi-story elliptic and Quasi-X braced resisting frames // Results in Engineering. 2025. Vol. 26. Article 105657. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105657>
11. Cassol D., Ingham J., Giongo I. Seismic out-of-plane repair and strengthening of masonry infill walls using timber strong-backs // Structures. 2025. Vol. 71. Article 107990. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2025.107990>

12. Dinu F., Neagu C., Laszlo R., Ghicioi E., Senila M., Dubina D. Behavior of steel liner tray walls under external blast: Experimental testing and numerical simulations // *Engineering Structures*. 2024. Vol. 310. Article 118106. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2024.118106>
13. Han T.-V., Le Berder A., Nguyen T.-A., Lepourry-Nicollet C., Somja H. Performance assessment of a novel connector for timber frame facades on concrete slabs // *Journal of Building Engineering*. 2025. Vol. 114. Article 114397. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2025.114397>
14. Cuong T.-H., Cuong N.H., Lee J., Lee G., Shin J., Lee K. Comprehensive study on the pull-out strength and failure pattern of cast-in bottom expansion anchors in thin ultra-high performance concrete panels // *Case Studies in Construction Materials*. 2025. Vol. 23. Article e05523. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e05523>

References

1. Tusnina V.M. To the problem of bearing capacity and operational reliability of suspended ventilated facade // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 153. Pp. 799–804. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.245>
2. Maciel A.C.F., Carvalho M.T. Methodology used to investigate the energy savings of opaque ventilated façades in residential buildings in Brazil // *MethodsX*. 2021. Vol. 8. Article 101227. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101227>
3. Zhangabay N., Bonopera M., Oner A. et al. Analysis of the influence of the geometry of a ventilated facade subsystem on its stress–strain state // *Results in Engineering*. 2026. Vol. 29. Article 109127. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2026.109127>
4. Shmelev G.N., Faizullina Z.Z. Connection of cladding with guides of a ventilated façade system // *Building Structures, Buildings and Constructions*. 2024. No. 3(8). Pp. 4–9. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=79562885>
5. Galyamichev A.V. Specific features of determining loads on enclosing structures and their influence on the results of static analysis // *Naukovedenie Internet Journal*. 2015. Vol. 7. No. 2. DOI: <https://doi.org/10.15862/54TVN215>
6. Antonov A.S., Galimullin I.A., Shmelev G.N. Joint connection of cladding panels to façade system guides using a clamp: Patent of the Russian Federation No. 2773087. Published 30.05.2022. URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2773087
7. Shmelev G.N., Faizullina Z.Z. Connection of cladding with guides of a ventilated façade system using sheathing // *Building Structures, Buildings and Constructions*. 2024. No. 4(9). Pp. 32–39. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=79566024>
8. Antonov A.S., Galimullin I.A., Shmelev G.N. Joint connection of cladding with guides of an operated façade system: Patent of the Russian Federation No. 2773090. Published 30.05.2022. URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2773090
9. Brenner M., Silvestru V.-A., Studer P. et al. Structural behavior of a wire arc additively manufactured steel eye bar for the repair of a historic high-tech facade // *Structures*. 2026. Vol. 84. Article 111073. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2026.111073>
10. Nouri Y., Ghasemi Jouneghani H., Haghollahi A., Memarzadeh P., Hemati E. Experimental and numerical study of seismic performance and failure mechanisms of multi-story elliptic and Quasi-X braced resisting frames // *Results in Engineering*. 2025. Vol. 26. Article 105657. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105657>
11. Cassol D., Ingham J., Giongo I. Seismic out-of-plane repair and strengthening of masonry infill walls using timber strong-backs // *Structures*. 2025. Vol. 71. Article 107990. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2025.107990>

-
12. Dinu F., Neagu C., Laszlo R., Ghicioi E., Senila M., Dubina D. Behavior of steel liner tray walls under external blast: Experimental testing and numerical simulations // *Engineering Structures*. 2024. Vol. 310. Article 118106. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2024.118106>
 13. Han T.-V., Le Berder A., Nguyen T.-A., Lepourry-Nicollet C., Somja H. Performance assessment of a novel connector for timber frame facades on concrete slabs // *Journal of Building Engineering*. 2025. Vol. 114. Article 114397. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2025.114397>
 14. Cuong T.-H., Cuong N.H., Lee J., Lee G., Shin J., Lee K. Comprehensive study on the pull-out strength and failure pattern of cast-in bottom expansion anchors in thin ultra-high performance concrete panels // *Case Studies in Construction Materials*. 2025. Vol. 23. Article e05523. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e05523>