

УДК 624.078

DOI: [10.37153/2615-933-2026-1-128-146](https://doi.org/10.37153/2615-933-2026-1-128-146)

Проектирование строительства и реконструкция сейсмостойких зданий и сооружений

Определение деформаций узлов крепления светопрозрачных фасадных конструкций к перекрытиям зданий

Пименов Валерий Александрович¹, Лаврова Анна Сергеевна¹

¹ Калининградский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «КГТУ»). Калининград, Российская Федерация

Аннотация

Утверждение. При проектировании любых зданий и сооружений особое внимание уделяется узлам соединения конструкций между собой. Для зданий с навесными светопрозрачными конструкциями фасадов в условиях возможных сейсмических воздействий решения узлов крепления требуют особого подхода. Помимо расчета на прочное и жесткое поведение, отдельные элементы узлов крепления проверяют на смятие, срез, вырыв крепежных элементов и т.п. Сложное напряженно-деформированное состояние узлов крепления, возникающее при передаче нагрузки через отдельные элементы узла в разных плоскостях и направлениях, предполагает проведение экспериментальных проверок работы узла крепления в целом.

Цель работы является определение перемещений стойки рамы светопрозрачного модуля и предельных усилий, при которых появляются признаки нарушения работы отдельных элементов узла крепления при вариантах исполнения крепления светопрозрачных конструкций к стальным балкам и железобетонным перекрытиям здания.

Материалы и методы. Материалы исследования – натурные модели узлов крепления светопрозрачных фасадных конструкций. Основным методом исследования выбран экспериментальный метод, который позволяет оценить перемещения и деформации отдельных узлов крепления стоек рамы светопрозрачных модулей к перекрытиям здания на действие постоянной нагрузки и сейсмического воздействия.

Результаты. Получены данные по перемещениям стойки рамы, элементов узла крепления в табличной и графической форме для различных расчетных схем закрепления узлов, проведен анализ результатов и даны практические рекомендации по конструктивному решению узлов крепления светопрозрачных конструкций.

Выводы. Полученные результаты позволили определить перемещение стойки рамы и деформации отдельных элементов крепления от собственного веса светопрозрачной панели, дополнительные деформации узлов при возможном сейсмическом воздействии, а также выявить предельные усилия, при которых в некоторых элементах узлов проявляются нарушения в работе, связанные с упругопластическими деформациями, смятием поверхности и срезом.

Ключевые слова: светопрозрачные фасадные конструкции, узел крепления, деформация, испытание, крюк крепления, перемещение, усилия

@Pimenov V.A., Lavrova A.S., 2026

Для цитирования: Пименов В.А., Лазрова А.С. Определение деформаций узлов крепления светопрозрачных фальсовых конструкций к перегородкам зданий // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2026. № 1. С. 128–140.

DOI: [10.31153/2618-9233-26-1-128-140](https://doi.org/10.31153/2618-9233-26-1-128-140)

Вклад авторов

Все авторы внесли равноценный вклад в подготовку публикации.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Design, building and reconstruction of aseismic construction

Determination of deformations of fastening units of translucent facade structures to building ceiling

Valeriy A. Pimenov¹, Anna S. Lazrova

¹Kaliningrad State Technical University (KSTU),
Kaliningrad, Russian Federation

Abstract

Introduction. When designing any building or structure, special attention is paid to the connections between structures. For buildings with curtain wall translucent facade structures, in conditions of possible seismic impacts, solutions for fastening units require a special approach. In addition to strength and deformation calculations, individual fastening point components are calculated for crushing, shear, and pullout of fasteners, etc. The complex stress-strain state of fastening points, arising from load transfer through individual components in different planes and directions, requires experimental testing of the performance of the fastening point as a whole.

Aim of this work is to determine the displacements of the frame post of the translucent module and the maximum forces at which signs of malfunction of individual elements of the fastening unit appear in the various design of fastenings of translucent structures to steel beams and reinforced concrete floors of the building.

Materials and Methods. The study's materials are full-scale models of translucent facade structure fastening assemblies. The primary research method chosen is an experimental one, which allows for assessing the displacement and deformation of individual fastening assemblies of translucent module frame posts to the building's floors under constant load and seismic impact.

Result. Data on the displacement of the frame pillar and the elements of the fastening units were obtained in tabular and graphical form for various calculation schemes for fastening the units, an analysis of the results was carried out and practical recommendations were given for the design solution of the fastening units of translucent structures.

Conclusion. The obtained results allowed us to determine the displacement of the frame post and the deformation of individual fastening elements due to the translucent panel's own weight, as well as additional deformations of the assemblies under possible seismic impacts. We also identified the ultimate forces at which some assemblies exhibit operational failures associated with elastic-plastic deformations, surface crushing, and shear.

Keywords: translucent facade structures, fastening unit, deformations, testing, fastening hook, displacement, force

For citation: Pimenov V.M., Lavrova A.S. Determination of deformations of fastening units of translucent facade structures of building ceilings. *Earthquake engineering. Construction safety*. 2026, no.1, pp. 128–140. DOI: [10.37153/2616-9283-2026-1-128-140](https://doi.org/10.37153/2616-9283-2026-1-128-140) [In Russian]

Authors' contribution statement

All authors made equal contribution to the study and the publication.

Funding

No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

Введение

В законе № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [1] и своде правил СП 14.1333.2018 «Строительство в сейсмических районах» [2] изложены требования к разработке и сейсмических мероприятий. Одним из требований к зданиям, возводимым в таких районах, является обеспечение определенного уровня сейсмостойкости сооружений, включая светопрозрачные конструкции (СПК) с узлами крепления к несущим конструктивным элементам зданий [1]. Следует отметить, что проектирование фасадных систем в части конструктивных решений, особенно узлов крепления, часто сопряжено с определенными трудностями. К ним можно отнести зависимость от архитектурной формы конструкции, принятой при решении фасада здания, используемых материалов для изготовления каркаса и узлов крепления, схем и положения несущего каркаса. Исследованиям этих вопросов занимались в работах [3, 6 – 11]. Расчеты узлов крепления СПК к несущим конструкциям здания с определением напряжений, деформаций и прогибов достаточно сложны во многом зависят от принятых расчетных схем, связанных с передачей усилий [3, 6, 11]. Следует учитывать и требования, изложенные в нормативных документах [1, 2, 4, 5] для обеспечения несущей способности и допустимых перемещений, в том числе и допустимых перемещений точек крепления каркасов. Для проверки надежности расчетов и принятых расчетных схем нормативными документами рекомендуется проводить испытания фрагментов конструкций. При этом важно, чтобы испытания проводились на натуральных фрагментах, а условия проведения испытаний соответствовали работе запроектированной фасадной системы. Для проведения таких испытаний требуется обеспечить режим нагружения и необходимую измерительную базу для фиксации деформаций в требуемой точке. Целесообразно такие испытания проводить с использованием стационарного оборудования, установленного в специально оборудованных помещениях достаточной площади и объема. В любом случае для проведения таких испытаний требуются материальные и трудовые ресурсы. Решения по креплению натуральных элементов для проведения испытаний и наличие приборов измерения. Общие методические указания по проведению испытаний изложены в [3, 6]. Однако сведений о нормативно установленных методиках проведения испытаний узлов крепления СПК к несущим конструкциям зданий недостаточно. В таких случаях в нормативных документах предлагается разрабатывать специальные методики, использование которых позволит экспериментально подтвердить принятые решения.

Методика испытаний

Предлагаемая методика была использована для проведения экспериментальных исследований по определению перемещений и деформаций отдельных узлов крепления фрагмента стойки рамы светопрозрачного модуля к перекрытиям здания на действии постоянной нагрузки собственного веса после навески на перекрытие и особой нагрузки в виде вертикальной и горизонтальной сейсмической нагрузки, приведенной при проектировании к эквивалентной статической нагрузке.

Испытания проводились в одном из помещений испытательного центра Калининградского государственного технического университета (КГТУ), которое условно названо «Гидростенд». В этом помещении смонтирована массивная металлическая рамная конструкция размером 13 x 6,98 x 5,33 (м) с силовым полом, к ребрам которой могут крепиться гидроцилиндры как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. Для проведения экспериментальных работ с натурными объектами с использованием оборудования «Гидростенд» накоплен достаточный [12,13]. Испытания проводились в помещении испытательного центра при нормальных значениях температуры и влажности.

Объектами исследования являлись изготовленные заказчиком фрагменты стойки рамы светопрозрачного модуля из нержавеющей стали с алюминиевым крюком крепления и кронштейном в виде стальной пластины с уголком. Кронштейн закреплялся анкер-шпилькой на стальном упоре, моделирующем перекрытие здания и имел возможность при креплении перемещаться по пазу, увеличивая длину консоли от минимального значения до максимального. Стальной упор жестко крепился к силовому полу рамы (рис. 1).



Рисунок 1 – Общий вид испытательной установки: индикаторы для контроля перемещения контрольных точек не установлены (фото авторов)

Figure 1 – General view of the test installation: indicators for monitoring control points displacement are not installed (photo by the authors)



Рисунок 2 – Фрагмент испытательной установки с индикаторами перемещения контрольных точек (фото авторов)

Figure 2 – Fragment of the test installation with indicators of control points displacement (photo by the authors)

Экспериментальные исследования узлов крепления навесных светопрозрачных модулей к перекрытиям каркаса здания включали испытания по четырем расчетным схемам:

схемы № 1 и № 2 – крепление кронштейна в сборе с крюком крепления к стальной балке перекрытия в минимальном и максимальном консольными участками соответственно;

– схема № 3 и № 4 – крепление кронштейна в сборке с крюком крепления к железобетонной балке перекрытия с минимальным и максимальным консольным участками.

В качестве характеристик, оцениваемых в ходе проведения испытаний, определялись деформации перемещения стойки рамы от усилия P , а также значения в момент появления различных изменений в конструкции узла крепления, связанных с срывом или срезом болтов и винтов, повреждением алюминиевого крюка крепления модуля. Контрольные значения сосредоточенной нагрузки P приняты равными 330 и 450 кгс. Первое контрольное значение принято по значению расчетной нагрузки от собственного веса светопрозрачного модуля включая эквивалентное статическое усилие от сейсмического воздействия, второе – по усилию выдергивания анкер-шпильки. Испытания элементов крепления продолжались до значений нагрузки 820–960 кгс.

Усилие P , имитирующее вес фасадных модулей и эквивалентную статическую нагрузку от сейсмического воздействия, прикладывалось к стойке в горизонтальной плоскости, тогда как стальной цилиндр, моделирующий участок несущего перекрытия, был жестко сопряжен с силовым полем (рис. 1). В качестве нагружающего устройства использовался гидроцилиндр, установленный горизонтально на вертикальных стойках силовой рамы «Гидростенда». Питание гидроцилиндра производилось от гидравлической станции разрывной машины с максимальной разрывным усилием 30 тс. Ввиду небольшого значения усилия, прилагаемого к испытываемым элементам узла крепления, для силоизмерения использовались динамометр сжатия на 1 тс, установленный на штоке гидроцилиндра. Динамометр, установленный на штоке гидроцилиндра, представлен на рис. 2.

Величина усилия определялась по индикатору динамометра с использованием тарировочной кривой. Использовался динамометр сжатия – ДДСМ-1, с диапазоном измеряемых нагрузок от 0 до 10 кН (0–1000 кгс). Перемещения контрольных точек на элементах узлов крепления измерялись индикаторами часового типа ИЧ-10 кл.1. Контролируемые точки представлены на схемах для каждой из четырех схем испытаний (рис. 3, 4).

Нагружение испытываемых фрагментов светопрозрачных модулей с креплением к моделируемым плитам перекрытия проводилось в медленном режиме до контролируемых нагрузок. В ходе нагружения снимались показания индикаторов динамометра и перемещений. После последних замеров усилий и перемещений конструкция узла крепления разгружалась.

Результаты и обсуждение

Испытания № 1, 2 проводились при креплении кронштейна в сборке с крюком крепления к стальной балке перекрытия с минимальным и максимальным консольными вылетами. На рис. 3 представлена схема конструкции и решения узла крепления стойки с максимальной консолью и указанием мест приложения сосредоточенной нагрузки P и расположения контрольных точек 1, 2. Данные измерений усилий и перемещений представлены в таблице 1.



Рисунок 3 – Схема крепления фланца на пояс стальной балки с максимальным вылетом консоли

Figure 3 – Configuration of mounting the flange on the steel beam bolt with maximum console reach

Значения перемещений (мм) при нагрузке P для схемы крепления к стальной балке

Таблица 1

Displacement values (mm) for force P for the attachment scheme to a steel beam

Table 1

№ п/п	Усилие, P , кгс	Крепление к стальной балке с минимальной консолью		Разность перемещений, мм	Крепление к стальной балке с максимальной консолью		Разность перемещений, мм
		Перемещение точки 1, мм	Перемещение точки 2, мм		Перемещение точки 1, мм	Перемещение точки 2, мм	
1	0	0	0	0	0	0	0
2	60	0,68	0,18	0,52	1,07	0,52	0,55
3	110	1,25	0,32	1,03	1,80	0,79	1,01
4	160	1,65	0,46	1,19	2,22	1,08	1,14
5	210	1,86	0,59	1,27	2,65	1,45	1,20
6	255	2,18	0,71	1,47	3,17	1,81	1,36
7	315	2,47	0,82	1,65	3,70	2,16	1,54
8	360	2,80	0,92	1,88	4,26	2,56	1,70
9	400	3,07	0,99	2,08	4,86	2,97	1,89
10	445	3,26	1,13	2,13	5,50	3,40	2,10
11	490	3,52	1,27	2,25	6,00	3,76	2,24
12	535	3,88	1,44	2,36	6,52	4,20	2,42
13	575	4,10	1,55	2,55	7,02	4,72	2,37
14	625	4,42	1,69	2,73	-	-	-
15	670	4,78	1,84	2,94	-	-	-
16	710	5,15	2,01	3,14	-	-	-
17	745	5,55	2,16	3,39	-	-	-
18	780	5,90	2,32	3,58	-	-	-
19	820	6,16	2,46	3,70	-	-	-

Испытания № 3 проводились при креплении кронштейна в сборе с крюком к железобетонной плите перекрытия с минимальным и максимальным консольными участками. На рис. 4 представлена схема конструктивного решения узла с креплением к железобетонной плите с максимальной консолью, с указанием мест приложения сосредоточенной нагрузки и расположения контрольной точки 1.



Рисунок 4 – Схема крепления стойки к железобетонной плите перекрытия с максимальной вылетом консоли

Figure 4 – Diagram of fastening a rack to a reinforced concrete floor slab with maximum console reach

Контрольная точка 2 фиксировала перемещение анкер-шпильки, прижимающую стальную пластину кронштейна к железобетонной базе (рис. 5). Данные измерений усилий и перемещений представлены в Таблице 1.



Рисунок 5 – Фрагмент испытательной установки для испытания по схеме № 4 (фото авторов)

Figure 5 – Fragment of the test setup for testing according to scheme No. 4 (photo by the authors)

Значения перемещений (мм) при усилии P для схемы крепления к железобетонной плите перекрытия

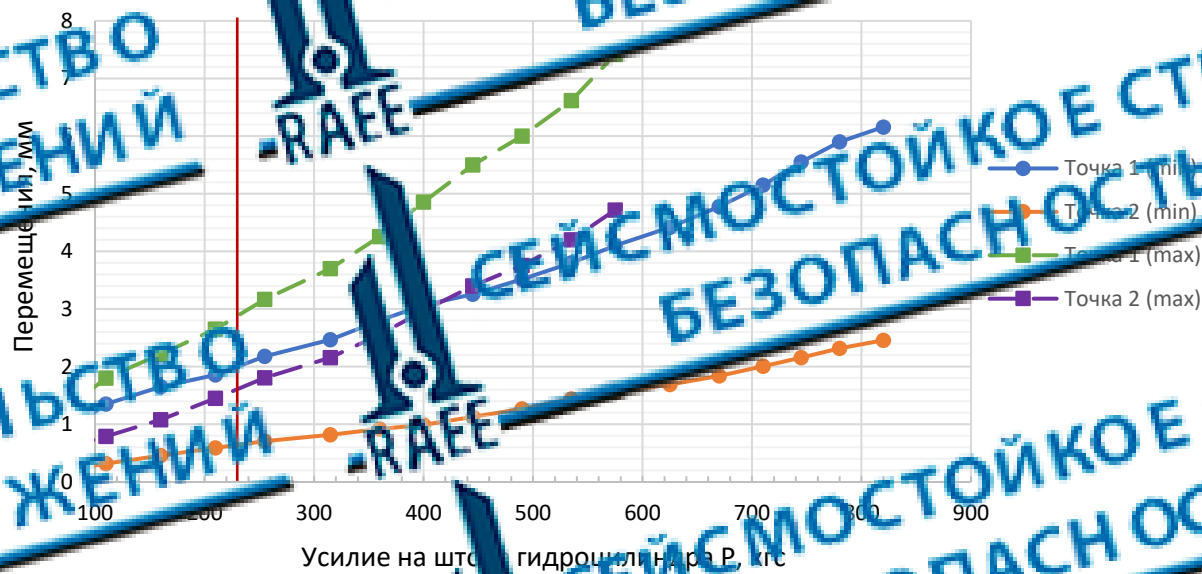
Таблица 2

Displacement values (mm) under force P for the attachment scheme to a reinforced concrete floor slab

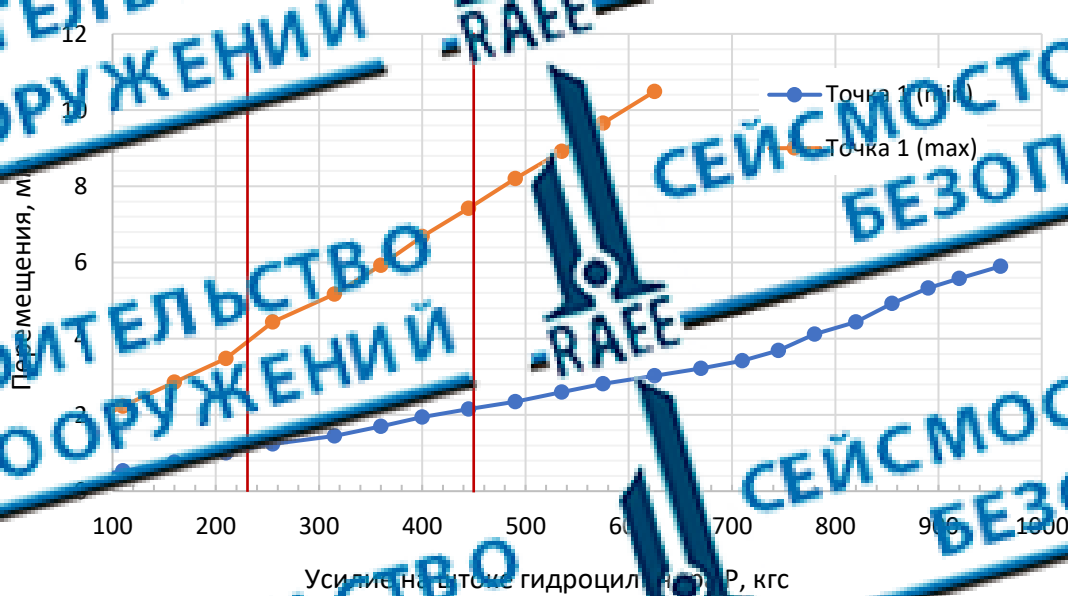
Table 2

№ п/п	Усилие P , кгс	Крепление к ж/б балке с минимальной консолью		Крепление к ж/б балке с максимальной консолью	
		Перемещение точки 1, мм	Перемещение точки 2, мм	Перемещение точки 1, мм	Перемещение точки 2, мм
1	0	0	0	0	0
2	0	0,30	0	1,54	0
3	110	0,53	0	2,23	0
4	160	0,76	0	2,86	0
5	210	1,00	0	3,48	0
6	255	1,24	0	4,11	0
7	315	1,45	0	5,17	0
8	360	1,70	0	5,93	0
9	400	1,94	0	6,68	0
10	445	2,15	0	7,42	0
11	490	2,35	0	8,20	0
12	535	2,60	0	8,92	0
13	575	2,82	0	9,66	0
14	625	3,03	0	10,49	0
15	670	322			
16	710	342			
17	745	369			
18	780	412			
19	820	4,44			
20	855	4,93			
21	890	5,33			
22	920	5,58			
23	960	5,90			

По данным таблиц 1, 2 построены графики перемещений контрольных точек от прикладываемых усилий на шпоре гидроцилиндра при различных вариантах креплений (рис. 6 а, б).



а)



б)

Рисунок 6 – Зависимость перемещений (мм) от усилия P : а) при креплении к поясу стальной балки; б) при креплении к железобетонной плите перекрытия

Figure 6 – Dependence of displacements (mm) on force P : a) when fastening to the steel beam chord; b) when fastening to a reinforced concrete floor slab

Графики зависимости перемещений контрольных точек от прилагаемой нагрузки построены, начиная от фиксации перемещений при значении P , равной 110 кгс. Расчетная нагрузка от собственного веса модуля лежит в пределах 230 кгс. На этом участке наблюдается прямая линейная зависимость перемещений от величины прилагаемой

нагрузки. Максимальное перемещение стойки модуля зафиксировано при креплении к железобетонному перекрытию с максимальной вылетом консольного участка кронштейна и равно 3,91 мм. При нагрузке 315 кгс и выше для точек 1,2 с максимальной консолью крепления к стальной балке (рис. 6а) прямолинейная зависимость нарушается. Значения перемещений начинают возрастать быстрее, что можно объяснить смещением стойки относительно алюминиевого крюка крепления. При максимальной длине консолей кронштейнов прямолинейная зависимость сохраняется, также как и для крепления к железобетонной балке. При усилии на штоке гидроцилиндра 440 кгс перемещений алер-шпильки не зафиксировано. Явный переход в упруго-пластическую область работы наблюдается при нагрузке 550 кгс для точек с максимальной консолью (рис. 6а).

При креплении кронштейна к железобетонному перекрытию следует обратить внимание на то, что график перемещения (рис. 6б) до усилия на штоке 600 кгс сохраняет свою прямолинейность, но наблюдается резкое возрастание значения перемещения при максимальной длине консоли. При усиллии на штоке порядка 700 кгс зафиксирован остаточный прогиб консольной части кронштейна 5 мм (рис. 7).

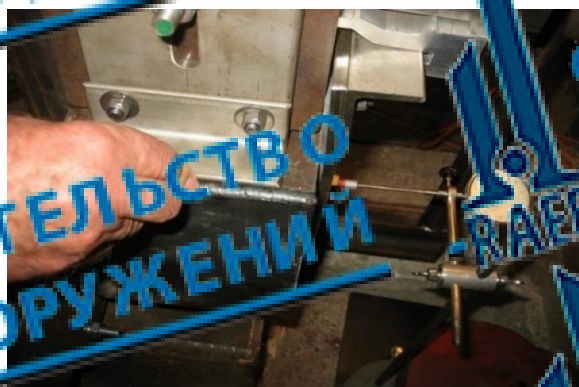


Рисунок 7 – Остаточный прогиб консольной части панели (фото авторов)



Рисунок 8 – Смещение риски после снятия нагрузки относительно первоначального положения (фото авторов)

Figure 7 – Residual deflection of the cantilever part of the panel (photo by the authors)

Figure 8 – Displacement of the mark after removing the load relative to the initial position (photo by the authors)

Сдвиг крюка, прикрепленного к стойке, определялся следующим образом. До начала приложения нагрузки на стойке была нанесена риска, отмечающая начальное положение крюка крепления. После снятия нагрузки также была нанесена риска. После демонтажа крюка с стойки расстояние между рисками составило около 2 мм (рис. 8). При тщательном осмотре по заданных отверстий выяснилось, что смещение крюка относительно оси произошло из-за смятия материала крюка и вдавливания резьбы винтов в этой зоне.

Заключение

В данной работе представлены результаты экспериментального определения перемещений стойки модуля и деформаций узлов крепления светопрозрачных фасадных конструкций (модулей).

1. Проведенные испытания показали, что узлы крепления светопрозрачных фасадных конструкций выдерживают без каких-либо видимых разрушений или изменений

проектные нагрузки – 230 кгс, включающие в себя собственный вес конструкции и эквивалентное статическое усилие от сейсмического воздействия.

2. При нагрузке 315 кгс и выше для точки 2 с максимальной консолью крепления к стальной балке линейная зависимость между перемещениями и усилиями нарушается. Явный переход в упруго-пластическую область работы наблюдается при нагрузке 570 кгс для точки 1 при испытаниях с максимальным вылетом консольной части крепления узлов крепления. Начинает возникать остаточная деформация металлической пластины и фронтштейна и смятие посадочных отверстий крюка к стойке модуля.
3. При испытаниях с минимальным вылетом консольной части, начиная со значения 700 кгс вплоть до нагрузки 1000 кгс наблюдается только ярко выраженное смещение крюка относительно стойки и за смятия боковых поверхностей посадочных отверстий крюка.
4. Максимальное перемещение стойки модуля при расчетной нагрузке составило 3,91 мм при креплении к железобетонному перекрытию с максимальным консольным участком консоли фронтштейна.
5. Крепление анкера в бетоне не вызывает опасений.

Список литературы

1. Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» // Собрание законодательства РФ. 2010. № 1 ст. 5.
2. СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП 14-81*. Изд. официальное. М.: Стандартинформ, 2018. 115 с.
3. ГОСТ 34611-2019. Арматура трубопроводная. Методика проведения испытаний на сейсмостойкость: межгосударственный стандарт: дата введения: 2019-10-30 / Федеральное агентство по техническому регулированию. Изд. официальное. М.: Стандартинформ, 2019. 35 с.
4. СП 426.1325800.2010. Конструкции ограждающие светопрозрачные зданий и сооружений. Правила проектирования. Изд. официальное. М.: Стандартинформ, 2021. 42 с.
5. Антонов А.С., Манушин Р.С., Шмелев Г.Н. Жесткость узла соединения светопрозрачного заполнения с элементами несущего каркаса ветропрозрачных фасадных систем // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2024. № 5. С. 66–16.
6. СТО НОСТРОЙ 2.14.80-2012. Устройства навесных светопрозрачных фасадных конструкций. Правила, контроль выполнения, требования к результатам работ: стандарт организации. Изд. официальное. М.: ООО Изд-во «БСТ». 2013. 32 с.
7. ГОСТ 33079-2015. Конструкции фасадные светопрозрачные навесные. Классификация. Термины и определения: межгосударственный стандарт: дата введения 2015-07-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. Изд. официальное. М.: Стандартинформ, 2015. 16 с.
8. Широков В.С., Гордеева Т.Е. Исследование жесткости узла соединения ригеля со стойкой модульного здания // *Вестник гражданского строительства*. 2020. № 6 (83). С. 90–96.
9. Шмелев Г.Н., Антонов А.С., Манушин Р.С. Действие на работу узлов соединения стойки с ригелем фасадной системы // *Строительные конструкции, здания и сооружения*. 2024. № 1(6). С. 4–12.

10. Антонов А.С., Алитдинова Р.Э., Галимов Р.Р., Шмелев Г.Н., Валиев И.Р. Конструкции узла крепления фасадной системы к зданию // *Известия КАСУ*, 2024. № 3(69). С. 130–138.
11. Антонов А.С., Алитдинова Р.Э., Шмелев Г.Н., Валиев И.Р. Конструкции рационального углового кронштейна крепления осветно-ригельной фасадной системы к зданию // *Известия КАСУ*, 2024. № 3(69). С.106–117.
12. Lavrova A.S., Pimenov V.A. Safe operation of buildings: Monitoring of large-span steel roof structures. *AIP Conference Proceedings*, 2022, vol.2696 (1).
13. Пименов В.А., Любишина С.А., Михайлов А.Ю. К вопросу о жёсткости плит перекрытия на основе древесины для малоэтажного строительства // Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее: Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 40-летию создания Инженерно-строительного института, Красноярск, 19–21 октября 2022 года. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2022. С. 306–310.

References

1. Federal Law of 30.12.2009 No. 384-FZ (as amended on 23.12.2023) "Technical Regulations on the Safety of Buildings and Structures" Collected Legislation of the Russian Federation, 2010, no. 1, Art. 5. [In Russian]
2. SP 14.13330.2018. Construction in seismic areas. Updated version of SNiP II-7-81*. Official ed. Moscow: Standartinform, 2018, 135 p. [In Russian]
3. State Standard 34611-2019. Pipeline fittings. Seismic testing methodology: interstate standard: date of introduction 2019-10-30 / Federal Agency for Technical Regulation. Official ed. Moscow: Standartinform, 2019, 35 p. [In Russian]
4. SP 426.1325300.2020. Enclosing translucent structures of buildings and structures. Design rules. Official ed. Moscow: Standartinform, 2021, 42 p. [In Russian]
5. Antonov A.S., Manushin V.S., Shmelev G.N. The stiffness of the joint connection of the translucent filling with the elements of the supporting frame of translucent facade systems. *Earthquake engineering, constructions safety*, 2024, no. 5, pp. 08–16. [In Russian]
6. STONOSTRO 2.14.80-2012. Installation of Curtain Looking Translucent Facade Structures. Rules, Monitoring of Performance and Requirements for Work Results: Organization Standard. Official ed. Moscow: COO Izd-vo "BST", 2013, 32 p. [In Russian]
7. State Standard 33079-2014. Curtain-mounted translucent facade structures. Classification. Terms and definitions: interstate standard: date of introduction 2015-07-01 / Federal Agency for Technical Regulation. Official ed. Moscow: Standartinform, 2015, 16 p. [In Russian]
8. Shirokov V.S., Gordeeva T.E. Study of the rigidity of the joint of the crossbar with the rack of a modular building. *Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 6(83), pp. 90–96 [In Russian]
9. Shmelev G.N., Antonov A.S., Manushin V.S. The safe operation of the nodal connection of the rack with the transom of the facade system. *Construction, buildings and structures*, 2024, no. (00), pp. 4–12 [In Russian]
10. Antonov A.S., Alitdinova R.E., Galimov R.R., Shmelev G.N., Valiev I.R. Design of the fastening node of the facade system to the building. *News of KSUAE*, 2024, no. 3(69), 130–138 [In Russian]
11. Shmelev G.N., Antonov A.S., Alitdinova R.E., Valiev I.R. Designs of a rational corner bracket for attaching a post-and-beam facade system to a building. *News of KSUAE*, 2024, no. 3(69), pp. 106–117 [In Russian]
12. Lavrova A.S., Pimenov V.A. Safe operation of buildings: Monitoring of large-span steel roof structures. *AIP Conference Proceedings*, 2022, vol.2696 (1).
13. Pimenov V.A., Lyubishina S.A., Mikhailov A.Yu. On the issue of the rigidity of wood-based floor slabs for low-rise construction. Current questions in construction: a look into the future.

Collection of scientific articles based on the materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 10th anniversary of the establishment of the Civil Engineering Institute, Krasnoyarsk, October 19–21, 2022. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2022, pp. 306–310 [In Russian].

Информация об авторах / Information about the authors

Валерий Александрович Пименов, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры строительства, Калининградский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «КГТУ»). Калининград, Российская Федерация.

valeriy.pimenov@kgtu.ru

Valeriy A. Pimenov, candidate of technical sciences, associate professor, professor of department of construction, Kaliningrad State Technical University (KSTU). Kaliningrad, Russian Federation.

valeriy.pimenov@kgtu.ru

Анна Сергеевна Лаврова, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства, Калининградский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «КГТУ»). Калининград, Российская Федерация.

lavrova.kgtu@yandex.ru

Anna S. Lavrova, candidate of technical sciences, associate professor of department of construction, Kaliningrad State Technical University (KSTU). Kaliningrad, Russian Federation.

lavrova.kgtu@yandex.ru