

3. Чеканин А.В. Развитие метода суперэлементов применительно к задачам статики и динамики тонкостенных пространственных систем. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, 1999.
4. Шаповалов Л.А. Об одном простейшем варианте уравнений геометрически нелинейной теории оболочек. // Изв. АН СССР, МТТ, 1968. -№ 1. -С. 56-62.
5. Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов: Справочник / В.И.Мяченков, В.П.Мальцев, В.П. Майборода и др.; Под общ. Ред. В.И.Мяченкова. – М.: Машиностроение, 1989. -520 с.
6. Ильюшин А.А. Пластичность. – М.: Гостехиздат, 1948. -376 с.
7. Огибалов П.М., Колтунов М.А. Оболочки и пластины. – М.: Изд-во МГУ, 1969. -696 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И КОНСТРУКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАВЕСНЫХ ФАСАДОВ

Р.Т. Акбиев, М.Ж. Чубаков, Т.В. Морозова

ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России», г. Москва
Национальное объединение «СРОСЭКСПЕРТ», г. Москва
akbi.rust@gmail.com

В статье содержится оригинальная методика, разработанная экспертами ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» для оценки динамической устойчивости и конструктивной безопасности навесных фасадных систем. Показано применение данной методики для оценки результатов комплексных исследований и сравнительного анализа наиболее известных типов фасадных конструкций, представляющие интерес для научных работников и практикующих проектировщиков.

Ключевые слова: анализ, динамическая устойчивость, конструктивная безопасность, комплексные исследования, методология, навесной, проектирование, сейсмостойкость, система, фасады

Введение

В настоящей работе приведены ранее не публиковавшиеся результаты комплексных исследований из соответствующей Справки, подготовленной для органов исполнительной власти сейсмоопасных субъектов Российской Федерации ЦНИИП градостроительства РААСН. Там же указаны исходные данные, использованные для проведения анализа [1].

Общие подходы к проведению исследований в части оценки соответствия навесных фасадных систем (далее – НФС) сформулированы в протоколах Российских национальных конференций по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию [2].

Приведенные ниже исследования, использованные для нового анализа, выполнены специалистами Лаборатории экспериментальных исследований ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко ОАО «НИЦ «Строительство» и Научно-исследовательского центра ФГБУ ЦНИИП градостроительства РААСН в период с 2005 по 2010 гг.

Проведенные на единой научно-методологической основе результаты комплексных исследований систематизированы, приведены в настоящей работе, служат иллюстрацией основных походов, содержащихся в Методике проведения комплексной оценки динамической устойчивости и сейсмобезопасности навесных фасадных систем, других работах [3-5].

Применяемые для испытаний конструкций модели стендов и вибрационного оборудования защищены патентами [6, 7].

Результаты исследований

На основании требований, установленных в Методике [3] оценивается качество проведенных исследований НФС, выполненных различными авторами в работах, перечисленных в [1].

Для анализа выделены НФС наиболее известных производителей, проявившие наибольший интерес в части возможного расширения сферы применения фасадов при строительстве и реконструкции в сейсмических районах Российской Федерации.

Принципиальные технические решения НФС различного типа приведены на рис.1 и в табл.1.

Результаты сравнительного анализа качества проведенных испытаний фасадов приведены в табл.2-4, а также на рис.2-8. Там же для наглядности приведены некоторые параметры динамических колебаний, достижение которых является необходимым и достаточным условием для объективной оценки сейсмостойкости НФС [3].

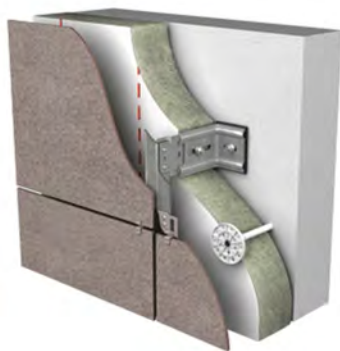
Таблица 1 – Отличительные признаки НФС различного типа, использованные для сравнительного анализа

	Наименование системы		Подоблицовочные конструкции					Облицовка		
			Направляющие	Кронштейны	Элементы крепления облицовки			Плиты	Кассеты	Листы
					Кляммер	Икля	Салазка			
1	Краспан	ВА	Al	Al	КС	КС	КС	КГ	К	х
		ВСт	ОС	ОС	КС	х	х	КГ	х	ЦВЛ
2	U-kon АТС	234	Al	Al	КС	х	х	КГ	х	х
		102i	Al	Al	х	Al	Al	х	КК	х
		102iH	Al	Al	х	Al	Al	х	КК	х
		102szH	Al	Al	х	Al	Al	х	КК	х
3	Mavent	К-500	Al	Al	КС	х	х	КГ	х	х
4	Диат	СД-Т-ПК	КС	КС	КС	х	х	КГ	х	х
5	Алюмакс	К-С-В	Al	Al	х	Al	Al	х	КК	х
		ПК-ВК-В	Al	Al	КС	х	х	КГ	х	х
6	СИАЛ	П-Т-К-Км	Al	Al	Al	х	х	КГ	х	х
		Г -Км	Al	Al	х	Al	Al	х	КК	х

Условные обозначения:

Al – алюминиевый сплав; КС и ОС – коррозионностойкая и оцинкованная сталь;

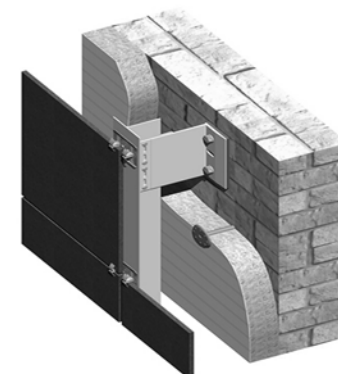
КГ – керамогранит; ЦВЛ – цементно-волокнистый лист, КК – композитный материал кассет.



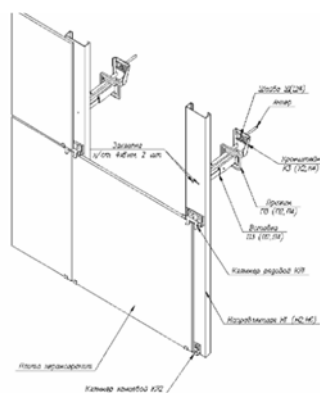
Краспан-ВСт



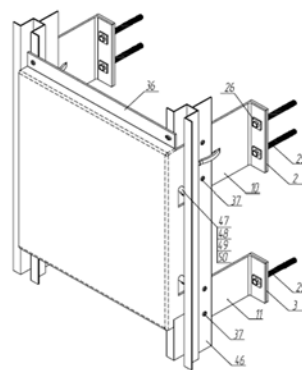
U-kon ATC – 102 i



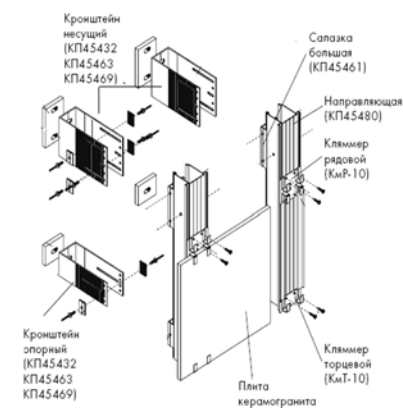
Mavent K-500



Диат «СД-Т-ПК-ВК-ВХ»

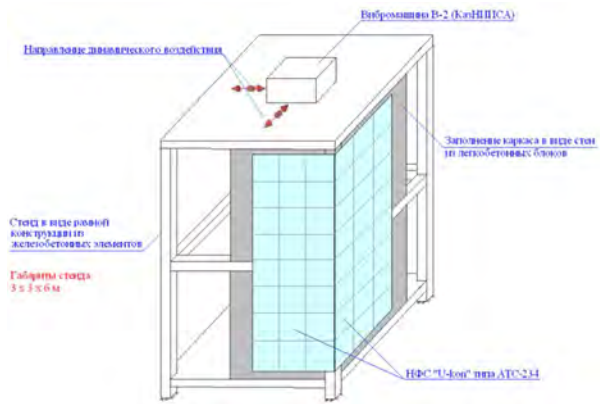


Алюмакс - К-С-В

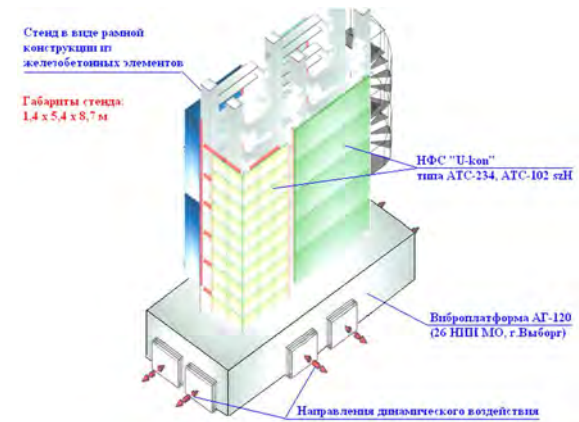


СИЛ Г- Км

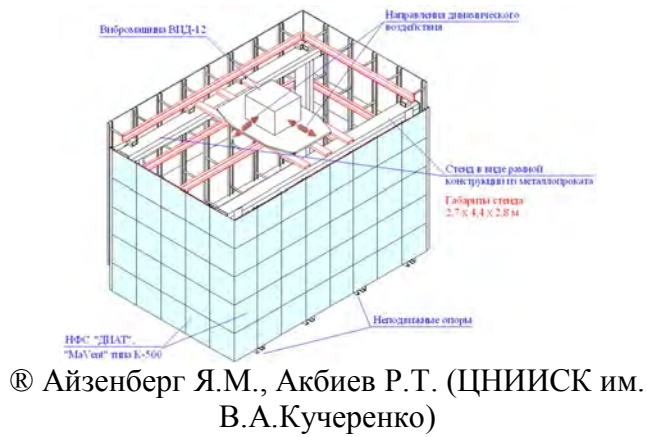
Рисунок 1 – Принципиальные технические решения НФС, используемые для сравнительного анализа



© Ицков И.Е. и др. (КазНИИСА)

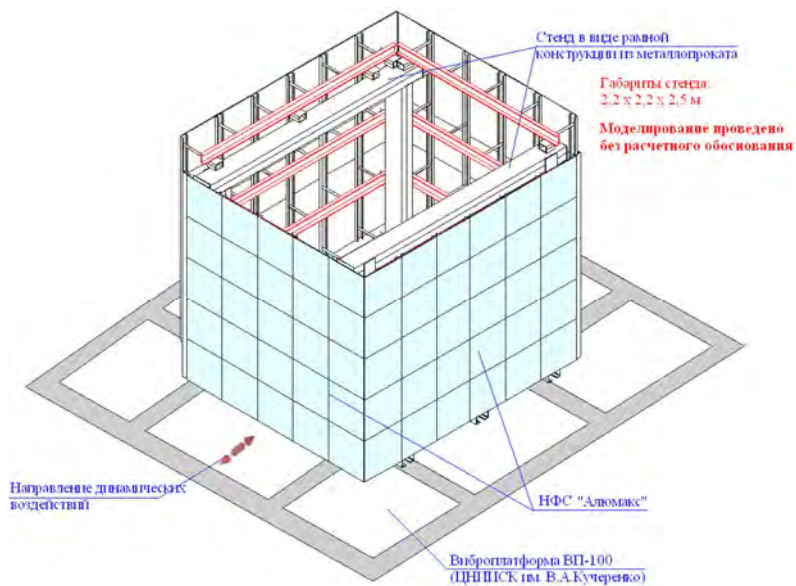


® Айзенберг Я.М., Акбиев Р.Т.. (ЦНИИП радиостроительства РААСН), Беляев В.С. (26 НИИ МО).

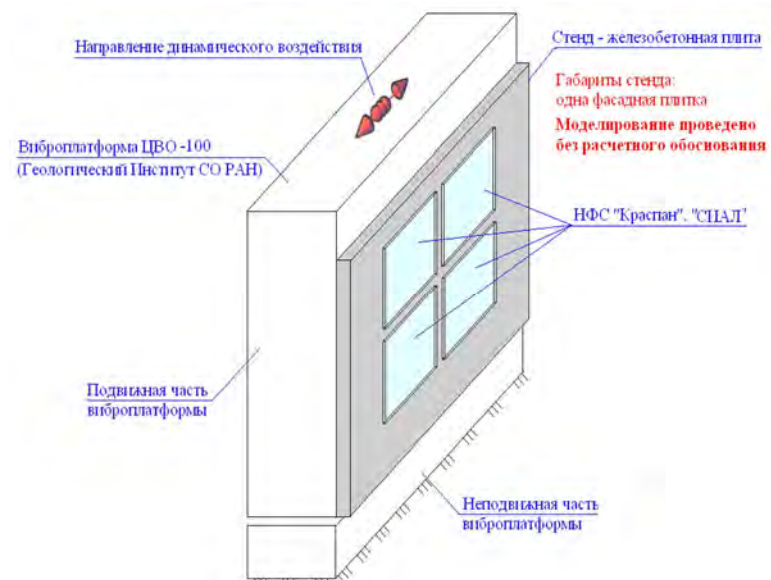


® Айзенберг Я.М., Акбиев Р.Т. (ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко)

Рисунок 2 – Динамические испытания на крупномасштабных моделях



Курзанов А.М., Грановский А.В. и др.
 (ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко). © Акбиев Р.Т.



Татьяков Г.И. и др.
 (Геологический институт СО РАН)

Рисунок 3 – Динамические испытания на маломасштабных моделях

Таблица 2 – Объем исследований, проведенных в отношении НФС различными авторами

№ п/п	Цели и задачи	U-KON	Диат	Mavent	Краспан	Алюмакс	Сиал
1	Предварительные исследования:						
	- конструктивные характеристики	+	+	+	+	+	+
	- динамические характеристики	+	-	-	-	-	-
	- комплексные динамические расчеты НФС на реальных объектах	+	-	-	-	-	-
2	Экспериментальные исследования:						
	- на маломасштабных моделях	+	+	+	+	+	+
	- на крупномасштабных моделях	+	-	-	-	-	-
	- натурные испытания (мониторинг)	±	-	-	-	-	-
3	Комплексный анализ фактического напряженно-деформированного состояния НФС в составе сложного сооружения	+	-	-	-	-	-
4	Проверка правильности гипотез, положенных в основу аналитического расчета НФС	+	-	-	-	-	-
5	Уточнение расчетной схемы работы «сооружение – НФС»	+	-	-	-	-	-
6	Определение характера разрушения и разрушающей нагрузки на элементы и конструкции НФС	+	±	-	-	-	-
7	Определение реального запаса прочности (деформативности) конструкций, элементов НФС	+	-	-	-	-	-
8	Установление влияния различных факторов на работу конструкции НФС и узлов их сопряжений при воздействии статических и динамических нагрузок	+	±	±	-	-	-
9	Разработка рекомендаций, направленных на повышение сейсмостойкости (долговечности, надежности, безопасности и пр.) НФС	+	±	±	-	-	-
10	Практическая реализация рекомендаций по п. 9 в действующих стандартах, правилах и нормах	-	-	-	-	-	-

Примечание:

1. Таблица составлена применительно к требованиям, установленным в табл.1 Справки;

2. Знак «±» применительно к НФС «Диат» и «Mavent» означает, что комплексные испытания по данному направлению были выполнены, однако их объем недостаточен для получения окончательных суждений о сейсмостойкости НФС.

Таблица 3 – Параметры динамического нагружения НФС различного типа

Наименование НФС	Год проведения испытаний	Максимальные вибрации - амплитуды колебаний		Диапазон частот, (Гц)	Характеристики (степень) повреждений в сравнении данными (применительно к табл.2)	Применяемое оборудование
		A (м/с ²)	%, от требуемого ¹			
Краспан-ВА; Краспан-ВСт	2005	≤ 2,40	12	(4,50-18,0)	I - II	ЦВО-100
U-KON, АТС-234	2005	≤ 17,38	86,9	(1,50-11,60)	II – IV**	В-2
MAVent, К-500	2007	≤ 5,62	28,1	(0,40-6,30)	II - IV	ВИД - 12/08М
ДИАТ	2007	≤ 7,34	36,7	(0,83-6,67)	II – IV	
Reynaers CW50; Реалит RW50;	2008	-	-	-	-	-
U-KON, АТС-234	2008	≤ 34,5	77,5	(1,50-15,0)	I - II	АГ-120
U-KON, АТС-102i, 102iH,102szH,	2008	≤ 34,5	115,8	(1,50-15,0)	без повреждений	
СИАЛ П-Т-К-Км	2008	≤ 3,8	19	(2,50-30,0)	I	ЦВО-100
СИАЛ Г -Км	2008	≤ 5,0	25	(2,50-30,0)	I	
Алюмакс К-С-В,	2008	≤ 2,0	-	(2,0-4,0)	-	ВП-100
Алюмакс ПК-ВК-В	2008	≤ 2,0	-	(2,0-4,0)	II - III	

Примечание:

1. Требуемые значения ускорений, определены для уровня нагружения, соответствующего 9 баллам по шкале MSK-64 и для зданий высотой от 35 до 70 м (составлены на основании средних данных, приведенных в таблице 3 для НФС типа U-KON);

2. Четвертая степень повреждений системы АТС-234 при испытаниях, проведенных в КазНИИСА, была связана с разрушением материала стен выполненных из ячеистого бетона и как следствие обрушением фасадной системы.

Таблица 4 – Исследования в части обеспечения подобия при моделировании работы НФС

№ п/п	Цели и задачи	U-KON	Диат	Mavent	Краспан	Алюмакс	Сиал
1	Выполнение расчетных обоснований работы системы «здание – сооружение»	+	+	+	-	-	-
2	Выполнение расчетных обоснований по моделированию динамического воздействия	+	-	-	-	-	-
3	Натурное моделирование:						
	- производственный эксперимент;	+	±	±	±	±	±
	- обобщение натуральных данных;	+	-	-	-	-	-
	- обобщение производственного опыта	±	±	±	-	-	-
4	Обоснование физического подобия:						
	- воздействия во временной области;	±	±	±	±	±	±
	- пространственно-временная модель;	±	-	-	-	-	-
	- пространственная модель	±	±	±	-	-	-
5	Выполнение математического моделирования с использованием:						
	- аналоговой модели;	+	±	±	±	±	±
	- структурной модели;	±	±	±	-	-	-
	- цифровой модели	±	±	±	-	-	-
6	Полнота соответствия						
	- модели натуре;	полное	неполное	приближенное			
	- целям и задачам	абсол.	Приближенное	-			

Примечание:

1. Таблица составлена в развитие данных, приведенных в таблицах 2 и 3, применительно к требованиям, установленным в Методике [3], в соответствии с классификацией видов подобия при моделировании.

2. Знак «±» применительно к НФС определенного вида означает, что обоснования по данному разделу были выполнены не в полной мере.

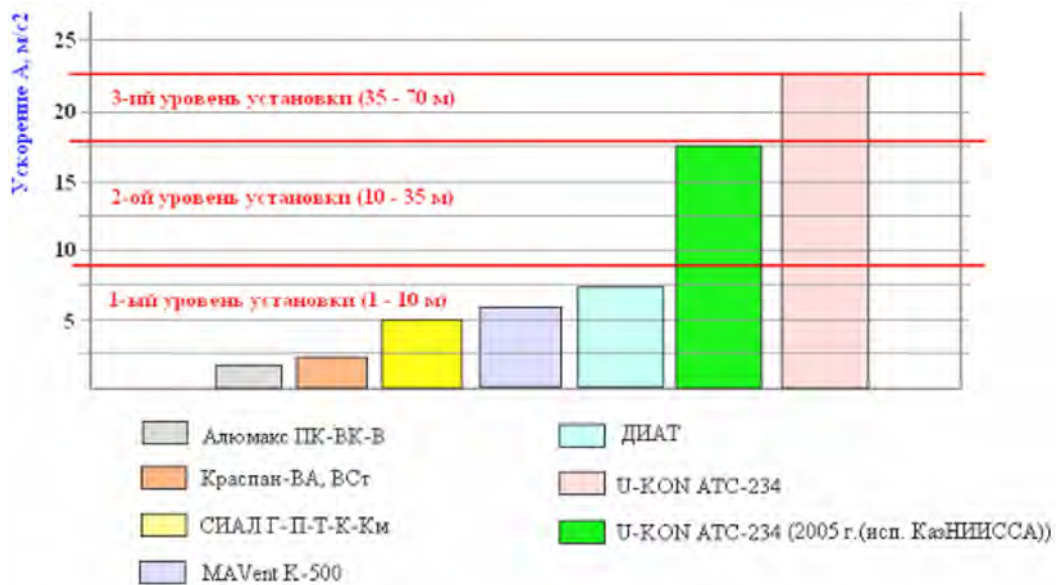


Рисунок 4 – Сравнительный анализ действующих нагрузок (ускорений) на НФС с облицовкой из керамогранита при динамических испытаниях (8 баллов), для уровней установки на объекте

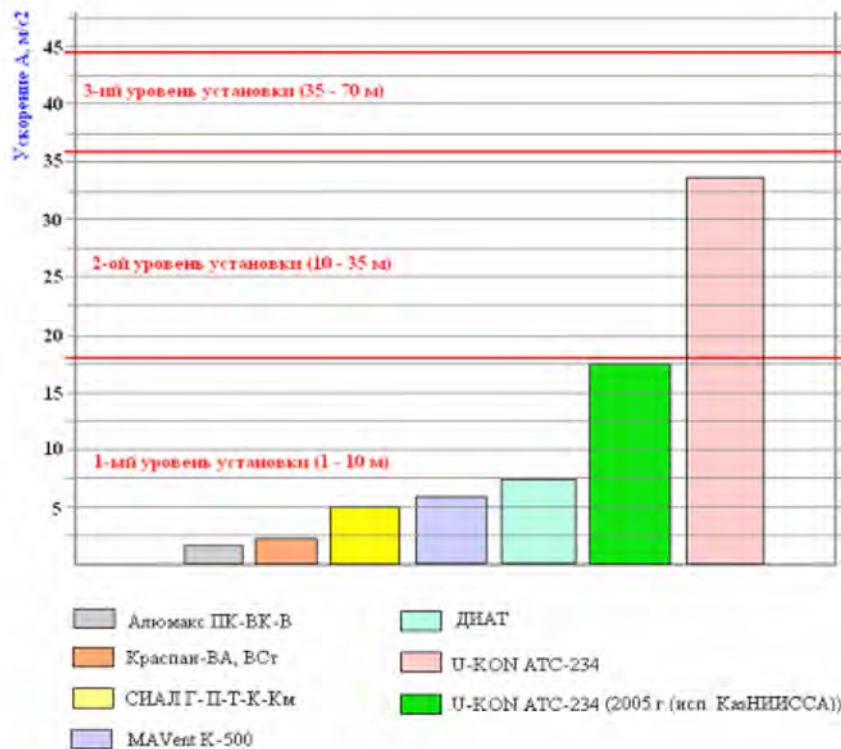


Рисунок 5 – Сравнительный анализ действующих нагрузок (ускорений) на НФС с облицовкой из керамогранита при динамических испытаниях (9 баллов), для уровней установки на объекте



Рисунок 6 – Сравнительный анализ действующих нагрузок (ускорений) на НФС с облицовкой из композита при динамических испытаниях (8 баллов), для уровней установки на объекте

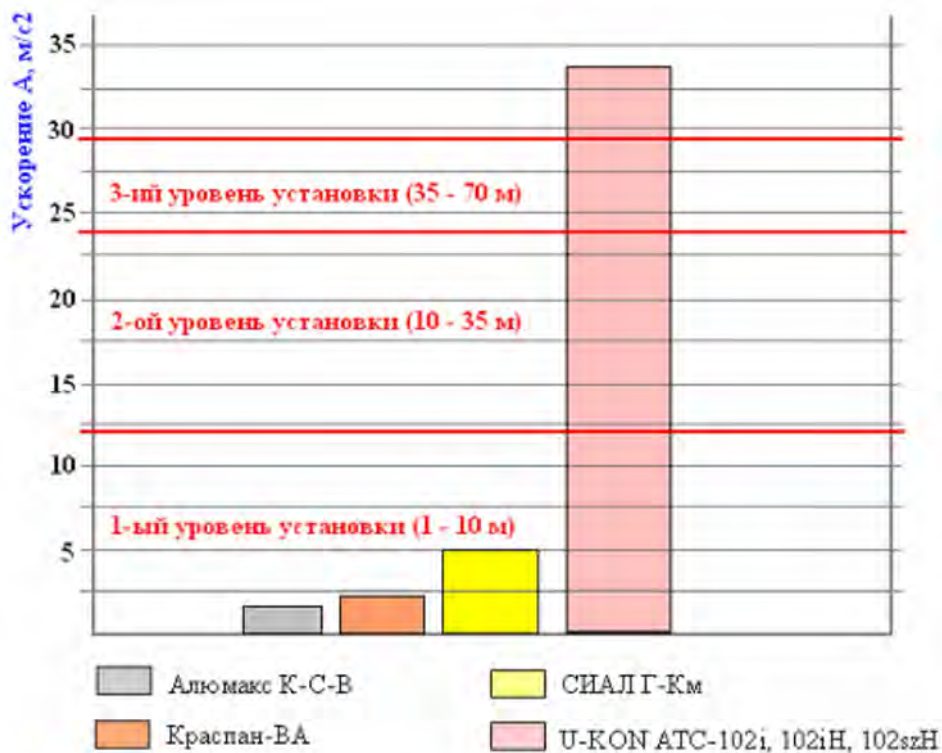


Рисунок 7 – Сравнительный анализ действующих нагрузок (ускорений) на НФС с облицовкой из композита при динамических испытаниях (9 баллов), для уровней установки на объекте

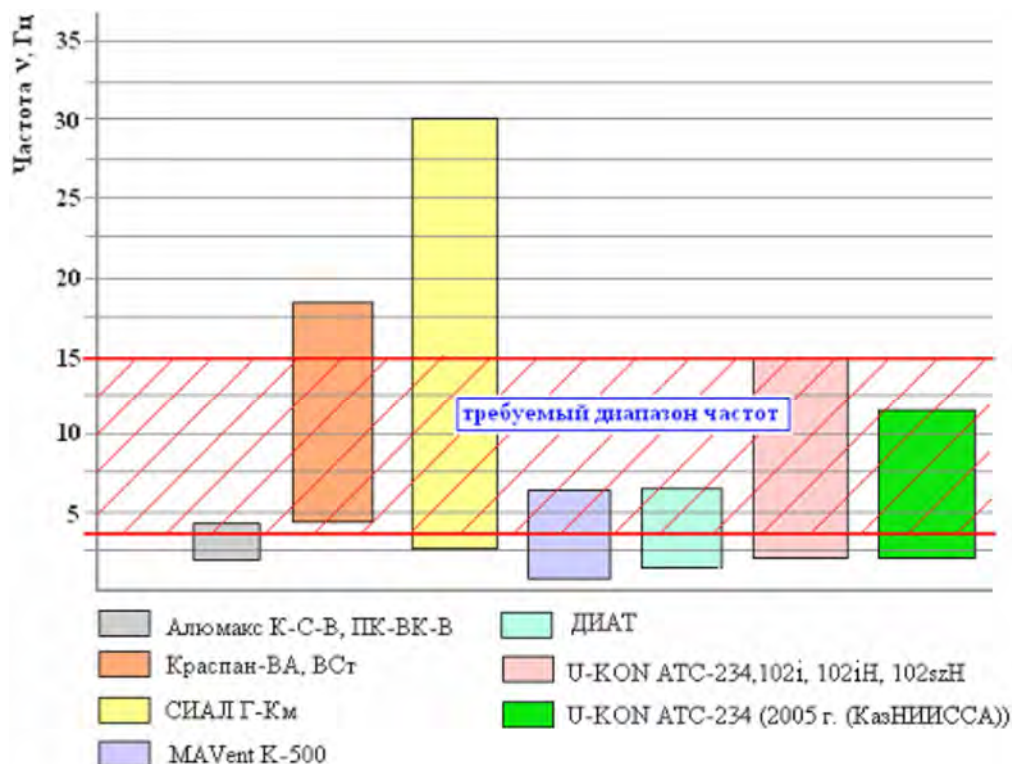


Рисунок 8 – Частотный диапазон динамического воздействия при динамических испытаниях НФС всех типов

Анализ результатов динамических испытаний

Исследованные конструктивные решения НФС различного типа отличаются друг от друга:

- способами крепления элементов облицовки к направляющим;
- способами крепления направляющих в кронштейнах;
- материалами и размерами облицовки;
- видами направляющих.

В Методике [3] определены общие требования и принципы оценки и подтверждения сейсмостойкости НФС в зависимости от целей и задач по их дальнейшему использованию (высотность объекта, места установки НФС по высоте, тип конструкции НФС, балльность площадки строительства и пр.), а также установлены:

- ограничения и допущения, касающиеся проведения динамических испытаний, необходимые для получения объективных оценок сейсмостойкости НФС различного типа;
- подходы по определению параметров нагружения НФС, их деформирования, выявления предельных состояний, включая соответствующие им количественные (деформации, ускорения) и качественные (повреждения) показатели, которые следует использовать в процессе научных исследований и проектирования.

Испытания всех перечисленных выше навесных фасадов выполнены различными авторами и организациями, с полным или частичным использованием положений Методики [3].

Анализ полученных данных показывает, что большинство экспериментальных исследований НФС в части оценки их сейсмостойкости не отвечают современным требованиям по их проведению и обработке полученных результатов, установленных в Методике [3].

Получены следующие выводы.

1. Результаты исследований подтвердили ранее полученные выводы, содержащиеся в заключениях авторов, выполненных в отношении НФС (U-KON, ДИАТ, MaVENT, Краспан, СИАЛ и пр.) с облицовкой из керамогранита и системой крепления в виде кляммеров.

2. Наибольший объем исследований, соответствующих Методике [3] выполнен в отношении НФС типа «U-KON».

Комплексные исследования проводились в период с 2005 по 2010 год в ЦНИИП градостроительства РААСН, КазНИИСА и ОАО «26 НИИ МО РФ».

Объем и качество выполненных исследований позволяет сделать вывод о возможности расширения сферы применения НФС производства «Юкон Инжиниринг», указанных выше для строительства на площадках 7-9 баллов по шкале MSK-64 и применения на объектах высотой до 75 м включительно, в пределах ограничений и допущений, установленных в работе [8].

3. Исследования навесных фасадных систем типа «Диат» и «MaVent» проведены в объеме, достаточном для получения выводов об уровне их сейсмостойкости при креплении их на высоте зданий не более 35 м и расположенных на площадках сейсмичностью не более 8 баллов по шкале MSK-64.

Использование этих и других аналогичных по конструкции систем на площадках сейсмичностью свыше 7 баллов по шкале MSK-64 следует ограничить [1].

4. Исследования НФС типа «Краспан», «Сиал», «Алюмакс», иных аналогичных конструкций НФС выполнены в объеме, недостаточном для получения однозначных выводов об уровне их сейсмостойкости. Кроме того, в отношении проведенных исследований имеются многочисленные вопросы к постановке эксперимента, методике выполнения работ и достоверности полученных результатов.

Выявленные проблемы и низкое качество исследований объясняется отсутствием у исполнителей, на момент проведения испытаний достаточного опыта для практического решения задач по моделированию работы строительных конструкций при воздействии землетрясений, неисполнений требований Методики [3].

5. В связи с вышеизложенным, исследования в отношении НФС по пп. 2, 3, а также других НФС рекомендовано было продолжить с учетом требований, установленных в Методике [3].

Примечание: Проведены ли такие исследования к настоящему времени и проверить, соответствуют ли они установленным требованиям невозможно из-за отсутствия такой информации в открытом доступе.

Рекомендации по применению навесных фасадов

На практике при проектировании навесных фасадных систем в сейсмических районах предлагается дополнительно придерживаться следующих рекомендаций, приведенных в Справке [1].

1. Выбор типа НФС необходимо осуществлять одновременно с проектированием объекта капитального строительства, в составе проектной документации на который следует разрабатывать раздел, касающийся обеспечения надежности (сейсмостойкости) НФС и правил его оценки и подтверждения на соответствие при монтаже и эксплуатации (инструкция).

Обоснование проектных решений НФС по каждому конкретному объекту необходимо осуществлять с учетом имеющихся экспериментальных данных и их оценки на соответствие с требованиями Методики [3].

2. Проектирование объектов, в отношении которых отсутствуют нормативно-технические требования, следует осуществлять в соответствии с правилами, установленными приказом Минрегиона РФ от 01.04.2008 г. № 36 на основании специальных технических условий (СТУ). Разработка раздела, касающегося обеспечения сейсмостойкости НФС, в СТУ обязательна.

3. Организациям – производителям целесообразно разработать стандарты, содержащие правила проектирования, строительства и эксплуатации НФС, с учетом критериев безопасности и требований по сейсмостойкости, данных эксперимента, обсудить их с профессиональным сообществом и утвердить для применения.

До разработки и утверждения таких стандартов применение НФС следует ограничить или осуществлять при обязательном научно-техническом сопровождении ФГБУ ЦНИИП градостроительства РААСН – государственного научного учреждения, иных специализированных научных организаций, обладающих необходимым потенциалом и профессиональных исполнителей, необходимых для решения поставленных задач.

4. Ввиду важности проблемы применения НФС в сейсмических районах, возможных негативных последствий из-за некомпетентности при их применении, целесообразно и полезно в регионах рекомендовать применить опыт мэрии г.Москвы, связанный с обязательным проведением мониторинга за применением НФС в процессе их строительства и эксплуатации.

При сдаче объекта в эксплуатацию обязательным условием следует признать наличие инструкции по эксплуатации НФС, где устанавливаются требования, направленные на обеспечение необходимой долговечности, надежности и безопасности фасадов при их эксплуатации, а также силы и средства решения этих задач.

5. Организациям – членам Ассоциации «АНФАС», другим лицам, осуществляющим проектирование, монтаж НФС и мониторинг их эксплуатации, следует сформировать систему «коллективной ответственности» за результаты деятельности в данном направлении, которая предусматривает разработку и внедрение на единой научно-методологической основе:

- стандартов, правил, норм и рекомендаций по проектированию, возведению и эксплуатации НФС (например, на основе стандартов деятельности СРО);

- специальных допусков к проведению таких работ, выданных с участием саморегулируемых организаций;

- общероссийского информационного ресурса по обозначенной тематике, например, в виде раздела типа «навесные фасадные системы» в единой информационной системе «ГРАДОРЕСУРС».

Решение поставленной задачи может быть достигнуто на единой научно-методологической основе, например, с участием специалистов ФГБУ ЦНИИП градостроительства РААСН, Национального объединения специалистов и экспертов в области градостроительства и безопасности (СРОСЭКСПЕРТ), Российской ассоциации по сейсмостойкому строительству (РАСС), методами саморегулирования и др.

6. Производителям НФС и проектировщикам целесообразно объединиться и разработать следующую группу стандартов (ССП):

- навесные фасадные системы. Единые правила классификации для целей оценки и подтверждения соответствия;

- навесные фасадные системы. Общие требования и методы расчета в части обеспечения сейсмостойкости;

- навесные фасадные системы. Испытания на сейсмостойкость. Общие положения и методы испытаний;

- навесные фасадные системы. Методы определения сейсмостойкости навесных фасадных систем, установленных на месте эксплуатации, при их аттестации или сертификации на сейсмическую безопасность.

- Навесные фасадные системы. Требования к специалистам и организациям в части получения допусков к проектированию, монтажу и эксплуатации.

7. До ввода в действие стандартов, обозначенных в п. 6 (5) настоящих рекомендаций и получения новых результатов испытаний применение НФС с облицовкой из керамогранита следует ограничить:

- для каркасных зданий – уровнем установки на высоте не более 30; 23 и 17 м (9; 7 и 5 этажей), для площадок сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов по шкале MSK-64, соответственно;

- для иных типов зданий - высотой в пределах требований, установленных п.п. 2-9 таблицы 8* СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» (изд. 2004 г.).

Проектирование НФС рекомендуется осуществлять с учетом сведений, а также в пределах обозначенных выше ограничений и допущений.

Заключение

Единая методология оценки динамической устойчивости и конструктивной безопасности навесных фасадных систем разработана и представлена на обсуждение профессионального сообщества [3, 4].

В настоящей работе приведены результаты комплексных исследований наиболее известных типов фасадных конструкций с анализом их соответствия положениям данной методики.

Результаты исследований позволяют проводить по аналогии экспертные оценки иных систем аналогичного типа, представляют интерес для

производителей навесных фасадов, научных работников и практикующих проектировщиков.

Материал хранится в ФГБУ ЦНИИП градостроительства РААСН по адресу: 111024, Москва, ул. Душинская, 9. Тел.: +7 (495) 361-32-70.

Литература

1. Протокол по результатам совместного технического совещания представителей организаций-производителей фасадных систем и специализированных научно-исследовательских организаций. / Материалы VII Российской национальной конференции по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию (г. Сочи, 30 августа 2007 года). // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2007. №5. С.71-72.
2. Справка по результатам моделирования, экспериментальных исследований и оценки сейсмостойкости навесных фасадных систем. / Приложение к письму ЦНИИП градостроительства РААСН от 12 мая 2009 года № АК-175. 20 с.
3. Акбиев Р.Т., Чубаков М.Ж. Методология проведения комплексной оценки динамической устойчивости и сейсмобезопасности навесных фасадных систем. // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2011. №2. С.60-67.
4. Акбиев Р.Т., Чубаков М.Ж. Основные подходы и требования по экспериментальной оценке сейсмобезопасности навесных фасадных систем // Проектирование и строительство в Сибири. – 2011. – № 4. – С. 31-37.
5. Айзенберг Я.М., Акбиев Р.Т., Смирнов В.И., Чубаков М.Ж. Динамические испытания и сейсмостойкость навесных фасадных систем. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2008. №1. С.13-15.
6. RU 98 810 U1. Вибромашина инерционного действия для возбуждения колебаний, последующего мониторинга и оценки динамических свойств конструкций, зданий и сооружений. / Акбиев Р.Т. – № 2010127970/28; Заявл. 07.07.2010. // Изобретения (Заявки и патенты). 2010. № 30.
7. RU 100 925 U1. Вибростенд для испытаний зданий и сооружений, их фрагментов, моделей-макетов, конструкций и оборудования на динамическую устойчивость и сейсмостойкость. / Акбиев Р.Т.. – № 2010138994/28; Заявл. 22.09.2010. // Изобретения. 2011. № 1.
8. Проведение комплексных динамических испытаний навесных вентилируемых фасадных систем (НВФС) производства ООО «Юкон Инжиниринг» с целью оценки их сейсмостойкости и повышения надежности для использования при строительстве в сейсмостойких районах Российской Федерации: Отчет о НИР. / ЦНИИП градостроительства РААСН. Руководитель - Акбиев Р.Т. – М.: 2008. 60 с.