



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-5>

УДК 624.042; 698.841



**ХАКИМОВ Ш.А.**

Канд. технических наук, зав. отд., АО «Ташкентский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт жилищно-гражданского строительства», г. Ташкент, Республика Узбекистан

e-mail: Sh-khakimov@rambler.ru,

тел.: +998 (71) 254-54-11

+998 (93) 184-10-23

## ПРОБЛЕМЫ АКТУАЛИЗАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ НОРМ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ ЖИЛИЩНО-ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

### АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы необходимости актуализации отдельных положений сейсмических норм по проектированию и конструированию новых типов конструктивных систем жилищно-гражданских зданий, а также корректировки параметров сейсмической опасности. Рассмотрены особенности конструктивных систем современного строительства в сейсмических районах и требования к их проектированию и конструированию. Приведены значения параметра, учитывающего допускаемые значения относительной неупругой деформации системы в нормах разных времён СНГ. Из анализа следует, что однотипные конструктивные системы наделены разными значениями указанного параметра, что в конечном итоге приводит к различной величине расчётной сейсмической нагрузки.

На основании анализа последствий мировых землетрясений и расчётных методов оценки сейсмостойкости зданий и сооружений, составлена таблица уязвимости (прочности) рассматриваемых типов зданий, гармонизированная со шкалой EMS-98.

Рассмотрены особенности формирования сейсмических нагрузок и предложения по их учету при проектировании конструктивных систем жилищно-гражданских зданий.

Получена диаграмма сравнения в процентах исходного ускорения для столичных городов областей Республики Узбекистан для грунтов II категории по сейсмическим свойствам и повторяемости землетрясений по карте ОСР 2017.

Разработаны требования по формированию спе-

циальных технических условий для проектирования конкретного здания с новой конструктивной системой, характеристики которого не отвечают требованиям предписывающих норм (например по этажности, пролету несущих конструкций, высоте здания и другим параметрам).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Сейсмические районы, современное строительство, актуализация, проектирование, конструктивные требования, расчётные параметры сейсмической опасности, специальные технические условия.

### ПРОБЛЕМИ АКТУАЛІЗАЦІЇ СЕЙСМІЧНИХ НОРМ В УМОВАХ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ КОНСТРУКТИВНИХ СИСТЕМ ЖИТЛОВО ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ

### АНОТАЦІЯ

У статті розглядаються питання необхідності актуалізації окремих положень сейсмічних норм з проектування і конструювання нових типів конструктивних систем житлово-цивільних будівель, а також коригування параметрів сейсмічної небезпеки. Розглянуто особливості конструктивних систем сучасного будівництва в сейсмічних районах і вимоги до їх проектування і конструювання. Наведені значення параметра, що враховує допустимі значення відносної неупругої деформації системи в нормах різних часів СНД. З аналізу випливає, що однотипні конструктивні системи наділені різними значеннями зазначеного параметра, що в кінцевому підсумку призводить до різної величини розрахункового сейсмічного навантаження.



На підставі аналізу наслідків світових землетрусів і розрахункових методів оцінки сейсмостійкості будівель і споруд, складена таблиця вразливості (міцності) розглянутих типів будівель, гармонізована зі шкалою EMS-98.

Розглянуто особливості формування сейсмічних навантажень і пропозиції щодо їх врахування при проектуванні конструктивних систем житлово-цивільних будинків.

Отримано діаграму порівняння у відсотках вихідного прискорення для столичних міст областей Республіки Узбекистан для ґрунтів II категорії за сейсмічними властивостями і повторюваності землетрусів по карті ЗСР 2017.

Розроблено вимоги щодо формування спеціальних технічних умов для проектування конкретного будинку з новою конструктивною системою, характеристики якого не відповідають вимогам розпорядчих норм (наприклад по поверховості, прольоту несучих конструкцій, висотою будівлі та іншим параметрам).

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** Сейсмічні райони, сучасне будівництво, актуалізація, проектування, конструктивні вимоги, розрахункові параметри сейсмічної небезпеки, спеціальні технічні умови.

## ABSTRACT

The article considers the issues of the need to update certain provisions of seismic norms for the design and construction of new types of structural systems of residential and civil buildings, as well as adjustments to the parameters of seismic hazard.

The features of structural systems of modern construction in seismic regions and the requirements for their design and construction are considered. The values of the parameter taking into account the admissible values of the relative inelastic deformation of the system in the norms of different times of the CIS are given. It follows from the analysis that structural systems of the same type are endowed with different values of the specified parameter, which ultimately leads to different values of the design seismic load.

Based on the analysis of the consequences of world earthquakes and calculation methods for assessing the seismic resistance of buildings and structures, a table of vulnerability (strength) of the considered types of buildings was compiled, harmonized with the EMS-98 scale.

The features of the formation of seismic loads and proposals for taking them into account in the design of structural systems of residential and civil buildings are considered.

A comparison diagram was obtained in percent of the initial acceleration for the capital cities of the regions of the Republic of Uzbekistan for soils of category II in terms of seismic properties and earthquake recurrence according to the OSR 2017 map.

Requirements have been developed for the formation of special technical conditions for the design

of a specific building with a new structural system, the characteristics of which do not meet the requirements of prescriptive standards (for example, in terms of number of story's, span of load-bearing structures, building height and other parameters).

**KEYWORDS:** seismic areas, modern construction, seismic norms, updating, design, design requirements, calculated parameters of seismic hazard, special technical conditions.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

За последние годы наблюдается строительный бум, особенно в Республике Узбекистан, ориентированный на возведение высотных до 51-этажных жилых домов и 20-40-этажных зданий многофункционального назначения – это банки, гостиницы, бизнес-центры и др. Это абсолютно новый вид строительства для страны, расположенной в сейсмических районах. Даже привычные ранее конструктивные системы претерпели значительные конструктивные изменения, которые выходят за рамки ограничений норм.

Такой вид строительства в Узбекистане, да и в других странах СНГ, не регламентируется и не поддерживается действующими нормами проектирования и не подкреплён качественными материалами с высокой гарантированной прочностью, конструктивными элементами, снижающими эффекты сильных землетрясений, а также полноценными сейсмологическими данными площадок строительства и др. [1].

Высотные и здания повышенной этажности возможно проектировать и возводить в Узбекистане на основании специальных технических условий (СТУ). Однако заказчик редко обращается в специализированную организацию, довольствуясь некачественными СТУ собственной разработки; обходится тривиальным расчетом, предназначенным для зданий средней этажности, тем самым экономя свои затраты на разработку полноценных СТУ.

Необходимость разработки СТУ требуется во многих странах мира, в которых нормы проектирования являются предписывающими. Нормы Узбекистана, как и нормы всех стран СНГ, являются предписывающими (делай так и только так) и поэтому возникает необходимость разработки специальных технических условий.

Необходимость разработки СТУ исключается в странах, в которых нормы проектирования являются параметрическими, примером являются нормы Японии [2]. Переход на параметрические нормы требует очень высокой культуры строительства. Необходимо активизировать деятельность институтов, разрабатывающих СТУ, повысить мотивацию необходимости и обязательности разработки СТУ.

Другим аспектом пересмотра и корректировки сейсмических норм является упорядочение расчетных параметров сейсмической опасности (карты



ОСР, карты МСР, местные эффекты сейсмических сил и др.).

Целью настоящей работы является разработка:

- предложений по актуализации тех положений норм, которые больше всего влияют на сейсмическую надежность зданий современного строительства;
- конструктивных предложений по ряду конструктивных систем, ориентированных на технико-экономическую целесообразность их применения;
- предложений по назначению расчетных сейсмических сил.

### **ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ СОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ТРЕБОВАНИЯМ К ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЮ И КОНСТРУИРОВАНИЮ**

Нормы проектирования в сейсмических районах за последние 25-30 лет претерпели незначительные изменения. Однако существенные изменения претерпела палитра конструктивных систем жилищно-гражданского строительства и конструктивные решения.

Если рассматривать новые конструктивные типы жилых зданий, то вырисовывается такая картина: применяемые 25-30 лет тому назад конструктивные системы в настоящее время практически не находят применения. А если и применяются, то с существенными конструктивными отличиями.

Их место заняли неисследованные системы, на проектирование которых действующие сейсмические нормы не имеют полноценных расчетных и конструктивных рекомендаций. К таким системам относятся: безригельные системы, системы с так называемыми скрытыми ригелями, здания с гибкими первыми этажами, каркасно-стеновые конструкции с различным процентом соотношения стен и колонн, рамно-связевые системы, в которых вместо диафрагм используются короткие пилоны, Т-образные колонны, псевдокомплексные кирпичные здания до 7-9 этажей под видом каркасных систем, крупнопанельные здания с разряженными шпонками и составным перекрытием из многопустотных железобетонных плит безопалубочного виброформования (без шпонок на продольных гранях и арматурных выпусков по торцам), монолитные плоскостеновые железобетонные дома с единственной в продольном направлении внутренней несущей стеной, конструктивные системы, несущие конструкции которых армированы композитной арматурой практически с нулевым удлинением после разрыва, многоэтажные дома из гипсокартона системы KNAUF, усиленного гнутыми тонколистовыми стальными профилями и т. д. Для указанных конструктивных систем в действующих сейсмических нормах стран СНГ, как правило, отсутствуют рекомендации по назначению значений

коэффициентов редуции, этажности, упругопластических характеристик, а также конструктивные мероприятия, назначаемые без расчёта и др.

Таким образом, в первую очередь для проектирования новых конструктивных систем в действующих нормах следует актуализировать такие параметры, значения которых изменяются в зависимости от типа несущих конструкций здания. Это упругопластические характеристики системы, которые предопределяют значение коэффициента редуции. Это повреждаемость и уязвимость конструкций при землетрясениях, которые в какой-то мере диктуют такие параметры здания, как этажность, шаги и пролёты несущих конструкций. И наконец, мероприятия, назначаемые из конструктивных соображений, которые, как правило, привязаны к конкретному конструктивному типу здания.

По сейсмическим нормам бывшего СССР на всех территориях были установлены для массового строительства жилищно-гражданских зданий одинаковые как по названию, так и по сути, типовые конструктивные системы, в том числе кирпичные, каркасные и плоскостеновые конструктивные системы. Все эти конструктивные системы рассчитывались по одинаковой методике при одних и тех же значениях упругопластических параметров, этажности, шаги и пролёты несущих конструкций, а также мероприятия, назначаемые из конструктивных соображений, были практически одинаковыми. Все конструктивные типы зданий проходили тщательные экспериментальные исследования как в головных институтах, так и в периферийных. В периферийных институтах республик, расположенных на сейсмоопасных территориях, проводились до исследования конструкций однотипных конструктивных систем, имеющих отличительные особенности, привязанные к местным условиям и технологиям их возведения.

Таким образом, для перечисленных новых конструктивных систем необходимо найти место в перечне конструктивных систем сейсмических норм, каким-то образом (расчётным или экспериментальным) ранжировать их по степени уязвимости и повреждаемости, определить так называемый уровень их природной сейсмостойкости по отношению к известным конструктивным системам. Эти новые конструктивные системы необходимо наделить значениями коэффициента редуции, учитывающего допускаяемые повреждения конструкций. При невозможности установления корректных значений коэффициентов редуции по отношению к новым конструктивным системам, их необходимо проектировать на основании специальных технических условий (СТУ).

Не берусь судить, хорошо это было или плохо, но однозначно – был какой-то хороший порядок. И надо указать, что недостаточно хорошо экспериментально изученные новые конструктив-



ные системы, поспешно внедрённые в строительство, негативно проявлялись при реальных землетрясениях. В целом, конструктивные системы массового типа, технические решения и рекомендации их проектирования базировались на результатах экспериментов, достаточно хорошо перенесли реальные землетрясения, в том числе и расчётные.

В настоящее время практически все страны СНГ имеют свои национальные нормы: хорошо это или не очень? Наверное, хорошо в том смысле, что каждая республика отражает в своих национальных нормах особенности, свойственные стране. Это в основном касается параметров сейсмической опасности, менталитета, экономических и других возможностей. Однако следует указать, что в конструктивном отношении все конструктивные системы во всех нормах сохранили в основном привычные нам всем формулировки названий, но практически во всех сейсмоопасных республиках начали возводить здания с применением конструктивных систем с одними и теми же названиями, но существенно отличающимся содержанием. Например, здания с привычным названием каркасной системы, возводимые сегодня в России, Узбекистане, Казахстане, Грузии и др., очень серьёзно отличаются друг от друга и от традиционных в конструктивном отношении. Многие из них привязаны к новым современным технологиям сборного и монолитного домостроения. По-хорошему, они должны иметь иные названия, отражающие специфику их конструктивных решений. И следует отметить, что практически ни в одном нормативном документе стран СНГ не отражаются эти специфические свойства конструктивных систем с одинаковыми названиями, но различных по сути.

Если мы возьмёмся сравнивать значения, например, упругопластических параметров одноимённых конструктивных систем, их этажность и др., приведённых в разных национальных нормах, то

Таблица 1 - Значения коэффициентов редукции

Тип несущей конструкции	Нормы страны				
	Казахстан	Украина	Россия	Армения	Узбекистан
Панельные здания	0,2	0,25-0,35	0,25	0,5-0,55	0,17-0,54 (для разных элементов)
Железобетонные каркасы	0,25	0,25-0,45	0,3-0,4	0,4-0,45	
Кирпичные здания	0,4	0,4-0,45	0,4	0,6	
Металлические каркасы	0,3	0,25-0,3	0,22-0,25	0,3-0,35	

Таблица 2 - Предельная этажность зданий различных конструктивных систем по нормам стран СНГ

Нормы страны	Конструктивная система								
	Панельные			Рамные каркасы			Связевые каркасы		
	Баллы								
	7	8	9	7	8	9	7	8	9
Казахстан	16	12	9	9	7	5	20	16	12
Украина	20	16	10	7	5	3	16	12	9
Россия	16	14	12	7	5	3	16	12	9
Армения	16	14	12	16	14	12	16	14	12
Узбекистан	20	16	12	12	9	6	16	12	9

не получим тождественных значений. В таблице 1 приведены значения параметра, учитывающего допускаемые значения относительной неупругой деформации системы, норм разных времён некоторых стран СНГ. Из анализа следует, что однотипные конструктивные системы наделены разными значениями указанного параметра, что в конечном итоге приводит к различной величине расчётной сейсмической нагрузки. Правильно ли это? Надо найти ответ.

Заметим, что и названия коэффициента, учитывающего допускаемые значения упругопластических параметров здания, в нормах стран СНГ разные:

Украина:  $K_1$  – коэффициент, учитывающий неупругие деформации и локальные повреждения здания;

Казахстан:  $K_2$  – коэффициент редукции, учитывающий конструктивные решения здания;

Армения:  $K_1$  – коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения конструкций при землетрясениях;

Россия:  $K_1$  – коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения зданий и сооружений;

Узбекистан:  $r$  – коэффициент редукции, зависящий от допускаемой относительной неупругой



Таблица 3 - аблица уязвимости (прочности) каркасных систем (гармонизированная со шкалой EMS-98)

	Конструктивный тип здания	Этаж-ность	Вероятный класс уязвимости										
			A1	A2	B	C	D	E	F1	F2			
1	Жесткие здания с гибкими нижними этажами	8		█	█								
2	Системы с неполным монолитным железобетонным каркасом	7-8		█	█								
3	Монолитные железобетонные безригельные каркасные системы	7-8		█	█								
4	Монолитные железобетонные каркасные здания с кирпичным заполнением, участвующим в восприятии сейсмических нагрузок. Вариант 1	8			█								
5	Монолитные железобетонные каркасные здания с заполнение кирпичной кладкой не участвующей в восприятии сейсмических нагрузок с ригелями в двух направлениях	6			█	█	█	█					
6	Монолитные железобетонные каркасные здания с кирпичным заполнением, участвующим в восприятии сейсмических нагрузок. Вариант 2	8			█	█	█	█					
7	Рамно-связевые каркасные здания из монолитного железобетона	9-10			█	█	█	█	█				
8	Связевые каркасные системы из монолитного железобетона	9-10			█	█	█	█	█				
9	Каркасно-стеновые безригельные системы из монолитного железобетона	7-9			█	█	█	█	█	█			

Примечания к таблице 3:

1. Классы уязвимости А, В, С, D, E, F расположены в порядке их увеличения по уровню сейсмостойкости и двум подклассам уязвимости А2 и F2, где А2 – «абсолютная уязвимость» (хуже, чем класс А), а F2 – «гарантированная надёжность» (лучше, чем F).

2. Вариант 1 в строке 4 означает, что возведение каркаса опережает возведение кирпичного заполнения, участвующего в работе.

3. Вариант 2 в строке 6 означает, что кирпичное заполнение стен, участвующее в работе, опережает возведение монолитного каркаса. Практически все перечисленные конструктивные системы каркасных зданий, перечисленные в таблице 3, не попадали под воздействие сильных землетрясений на территории республик Центральной Азии. Дефицит их сейсмостойкости определяется как разность между уровнем сейсмостойкости сооружения и величиной возможного сейсмического воздействия на площадке строительства.



деформации элемента (заметьте, не здания в целом)  $\mu$  и периода собственных колебаний здания.

Если мы возьмём значения допускаемых поэтажных перекосов здания, то и их значения разнятся между собой для одних и тех же конструктивных систем по нормам стран СНГ.

Аналогичная картина по требованиям к этажности зданий, что показано в таблице 2.

Мы рассмотрели данные для зданий, конструктивные системы которых имели под собой основание в виде обширных экспериментальных исследований. Если мы обратимся к сейсмическим нормам Узбекистана – значениям упругопластических характеристик как для здания в целом, так и для отдельных элементов, то следует указать, что все они получены по результатам прямых экспериментальных исследований известных нам конструктивных систем. Поскольку упругопластические свойства системы очень чувствительны к типу конструктивной системы, тогда для новых типов зданий необходимо будет выполнять целый цикл испытаний для получения истинных значений или близких к ним для новых типов конструктивных систем зданий.

В условиях полного отсутствия экспериментальных данных из-за того, что в настоящее время практически во всех странах СНГ не проводятся обширные экспериментальные работы, получить достоверные данные лишь по результатам расчётов, модельного проектирования не представляется возможным. В этой ситуации в первое время значения коэффициентов редукации можно будет назначать в составе специальных технических условий, основываясь, например, на экспертном ранжировании уязвимости новых систем и расчётной оценке периодов их основного тона.

Надёжность строительных конструкций зданий при сейсмическом воздействии достигается совместным применением расчёта и основных положений по проектированию, включающих объёмно-планировочные решения и конструктивные элементы. Ни один из этих двух элементов проектирования не является достаточным для разработки проекта сейсмостойкого объекта и ни один не достаточен для суждения о его сейсмостойкости.

Для получения объективных оценок данных о сейсмостойкости зданий, их оценка, обобщённая и многофакторная, учитывает значительное количество неопределённостей, в том числе прогноз времени, места, интенсивности, спектра, длительности землетрясения, а также диссипативные способности сооружения, склонность к прогрессивному разрушению и др.

Немаловажным при этом является возможность учёта эмпирических данных о поведении различных сооружений при землетрясениях, конструктивных особенностей, общее понимание механизмов сейсмических разрушений.

Влияние отдельного фактора на общую сейсмо-

стойкость здания зависит от многих параметров. Сложность количественной оценки всех этих факторов позволяет представить каждый из них в виде произведения,

$$S = \sum_{i=1}^4 a_i S_i,$$

где  $a_i$  – удельный вес данного фактора по его влиянию на общую сейсмостойкость конструкции;  $S_i$  – выраженная в долях единицы степень соответствия данного фактора для рассматриваемого объекта в реальном случае по сравнению со случаем, когда данный фактор полностью соответствует требованиям действующих регламентов или нормативных документов, или имеет наивысшую оценку сейсмостойкости (равную единице).

Здесь и далее не приводятся процедуры расчётов значения  $S$  для рассматриваемых конструктивных типов зданий.

Многие рассматриваемые типы конструктивных систем были идентифицированы с аналогичными типами в зарубежных странах, которые подвергались землетрясениям расчётной интенсивности. Эти данные были использованы при анализе конструктивных систем, возведённых в городах Узбекистана, и их ранжировании по уязвимости или несущей способности.

Таким образом, на основании анализа последствий мировых землетрясений, расчётных методов оценки сейсмостойкости с использованием факторов, определяющих сейсмостойкость строительных конструкций зданий и сооружений, была составлена в первом приближении таблица уязвимости (прочности) рассматриваемых типов зданий, гармонизированная со шкалой EMS-98.

Данные Таблицы 3 могут быть откорректированы после проведения, например, натурных исследований несущей способности новых типов зданий с использованием сейсмометрических методов.

В действующие сейсмические нормы Узбекистана введены рекомендации по проектированию новых конструктивных типов гражданских зданий, в том числе безригельных каркасов, жёстких зданий с гибкими первыми этажами, каркасно-стеновых систем и др.

Безригельные псевдорамные системы являются самыми уязвимыми при землетрясениях. Недостатки безригельных каркасов проявляются в том, что отсутствие ригелей не позволяет обеспечить жёсткие узлы соединения с колонной, что приводит к увеличению (в 4 раза) пролётных моментов в плитах, при сейсмических воздействиях колонны значительно перегружаются, система имеет большие перемещения. Всё это является причиной высокой повреждаемости безригельных систем при землетрясениях. Колонны при образовании трещин в зоне примыкания плит могут начать работать по консольной схеме на всю высоту здания, а не как рама, что весьма опасно. Опасно



и то, что многие проектировщики довольно вольно оперируют вводимой в расчёт шириной ригеля безригельной системы. Иногда ригель принимают шириной 100, 200, 300 см и более. В таких случаях расчёт даёт удовлетворительные результаты по несущей способности системы.

В основу концепции и технических решений заложена возможность разгрузки стоек и зоны опирания плит от воздействия горизонтальных и вертикальных сейсмических нагрузок. Для этого предлагается проектировать, как правило, связевые безригельные системы, в которых горизонтальные сейсмические нагрузки рассчитаны 100% воспринимаются связями в виде диафрагм жёсткости, ядер жёсткости и др. Кроме этого, по осям колонн в ортогональных направлениях необходимо организовать зоны усиленного армирования, включая применение жёсткой арматуры. По периметру зданий по осям крайних колонн следует устраивать ригели. В качестве ядер жёсткости могут быть использованы лестнично-лифтовые клетки в тех случаях, когда они не создают большие эксцентриситеты между центрами масс и жёсткостей. В зданиях высотой более 2 этажей сечения стоек (колонн) должны быть не менее 50x50 см, а при сейсмичности 9 и более баллов иметь в сечении стоек первого этажа жёсткую арматуру [1].

В Узбекистане здания с гибким первым этажом практически не возводились. В настоящее время объём их строительства растёт. Поэтому этот тип зданий, как наиболее уязвимый при землетрясениях, нуждается в своём совершенствовании. Главная причина разрушения зданий с гибкими первыми этажами – это потеря устойчивости стойками из-за значительных перемещений.

Из-за огромной разницы жёсткостей первого этажа и верхних этажей самым опасным участком становится сечение колонны на границе перехода их в заделках в фундамент и ригель. При землетрясении происходит смятие бетона колонны почти одновременно по концам заделки. Происходит раздробление бетона в зоне заделки и при больших перемещениях – потеря устойчивости колонн и их полное разрушение.

Одним из путей совершенствования систем с гибким первым этажом является выравнивание жёсткостей первого и вышележащих этажей. Реализовать эту задачу без дополнительных затрат и без ущерба гибкости планировки первого этажа практически невозможно. Рекомендованы и внесены в нормы [1] для детальной последующей разработки следующие приёмы повышения сейсмостойкости жёстких зданий с гибкими первыми этажами:

- перевод жёстких верхних этажей в гибкую систему;
- введение элементов повышения жёсткости первого гибкого этажа.

Повышение жёсткости гибкого этажа рекомен-

довано осуществлять, например, путём принятия следующих конструктивных решений:

- сечения колонн первого этажа должны быть не менее 50x50 см для
- зданий до 9 этажей;
- введение в сечение железобетонной колонны первого этажа жёсткой арматуры; при этом минимум 70% прочности сечения колонны должна обеспечивать жёсткая арматура;
- введение дополнительных элементов жёсткости в конструкции первого гибкого этажа в виде диафрагм жёсткости в крайних продольных и поперечных шагах каркаса. При этом жёсткие элементы могут быть предусмотрены и за пределами здания в виде пристроек, как в поперечном, так и в продольном направлениях. Для целей повышения жёсткости гибкого этажа могут быть использованы конструкции лестнично-лифтовой шахты;
- не допускаются безригельные конструкции перекрытий. При этом ригели должны присутствовать в двух ортогональных направлениях. Рекомендуется ригель в зоне соединения с колонной первого этажа также усилить дополнительно жёсткой арматурой. Это позволит избежать смятия колонны в зоне соединения колонн с ригелем;
- рекомендуется перекрытия выполнять, как правило, в монолитном варианте. Допускается использование в качестве перекрытия железобетонных плит пустотного настила безопалубочного виброформования. При этом они используются в качестве несъемной опалубки для монолитного перекрытия.

Для обсуждения в таблице 4 приводятся требования к предельной этажности новых типов конструктивных систем жилищно-гражданских зданий.

В странах дальнего зарубежья, расположенных на сейсмоопасных территориях, таких как Япония, США, Китай, Македония, Италия, Новая Зеландия и др., экспериментальным исследованиям новых конструктивных систем, материалов, конструкций уделяется огромное внимание. В этих и других странах не сворачиваются экспериментальные исследования, а наоборот, получают дальнейшее развитие и совершенствование.

## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИХ УЧЕТУ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ ЖИЛИЩНО-ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

Сейсмологическая часть норм, которая участвует в формировании сейсмических нагрузок, состоит из следующих данных: геофизические параметры грунтов основания, спектральные кривые, повторяемость землетрясений различной интенсивности



Габаритные параметры из железобетонных и металлических конструктивных систем						
№ п/п	Несущие конструкции	(Высота здания, м) и число этажей при сейсмичности площадки				
		7	8	9	>9	9*
1	2	3	4	5	6	7
1	Одноэтажные каркасы					
1.1	Металлические (стальные) каркасы	ТНСП	ТНСП	ТНСП	11	7,5
1.2	Железобетонные каркасы	ТНСП	ТНСП	15	11	7,5
2	Многоэтажные каркасы					
2.1	Металлические (стальные) каркасы:					
	а) рамно-связевые, связевые	(70)20	(56)16	(42)12	(19)5	(12)3
	б) рамные;	(42)12	(33)9	(24)7	(12)3	(8)2
2.2	Монолитные железобетонные каркасы, в т.ч. сборные перекрытия:					
2.2.1	рамный с ригелями в ортогональных направлениях без диафрагм;	(24)7	(19)5	(12)3	(8)2	-
2.2.2	связевой или рамно-связевой;	(56)16	(42)12	(33)9	(15)4	(12)3
2.2.3	безригельный (без диафрагм);	-	-	-	-	-
2.2.4	безригельный связевой с диафрагмами, ядрами жесткости и ригелями по периметру здания;	(33)9	(24)7	(19)5	-	-
2.2.5	рамный с жесткой арматурой;	(42)12	(33)9	(24)7	(12)3	(12)3
2.2.6	каркасно-каменные;	(38)10	(24)7	(19)5	(8)2	(8)2
2.2.7	рамный с диафрагмами из штучной кладки;	(33)9	(21)6	(15)4	(12)3	(12)3
2.2.8	жесткие здания с «гибким» первым этажом;	(24)7	(19)5	(12)3	-	-
2.2.9	каркасно-стеновые;	По техническим условиям				
2.2.10	конструктивные системы с элементами сейсмоизоляции;	По техническим условиям				
2.2.11	конструктивные системы с элементами сейсмогашения;	По техническим условиям				
2.2.12	сборные и сборно-монолитные железобетонные каркасные системы (за исключением сборных перекрытий);	По техническим условиям				
2.2.13	каркасные системы с неполным каркасом	-	-	-	-	-
2.2.5	рамный с жесткой арматурой;	(42)12	(33)9	(24)7	(12)3	(12)3
2.2.6	каркасно-каменные;	(38)10	(24)7	(19)5	(8)2	(8)2
2.2.7	рамный с диафрагмами из штучной кладки.	(33)9	(21)6	(15)4	(12)3	(12)3

**Примечание:** допускается применение указанных в таблице конструктивных систем повышенной этажности, запроектированных по специальным техническим условиям.

и ускорения из карты общего сейсмического районирования, местные эффекты по карте микросейсморайонирования территории. Некоторые нормы

имеют данные по спектральному составу ожидаемых землетрясений, вероятностные карты с различной степенью сейсмического риска.



**Рисунок 1** – Диаграмма сравнения в процентах исходного ускорения для столичных городов областей Республики Узбекистан для грунтов II категории по сейсмическим свойствам и повторяемости землетрясений по карте ОСР 2017

Другая группа коэффициентов, формирующих сейсмическую нагрузку, не зависит напрямую от данных сейсмической опасности, которые либо усиливают, либо снижают эффекты от расчетных землетрясений. Как правило, большинство указанных коэффициентов имеет значения больше 1 для наиболее массовых типов современных зданий. Сейсмологическая часть норм часто подвергается изменениям. При этом ускорения (балльность) в картах общего сейсмического районирования (ОСР), как правило, увеличиваются, что приводит зачастую к неоправданному увеличению экономических и материальных затрат.

Карта ОСР-78, которая функционировала до недавнего времени, нужно отметить, что она очень редко подводила, за исключением нескольких случаев превышения на 1 балл в населенных пунктах. Немногим более 40 лет ее применения небольшой срок для установления ускорения в баллах. Это касается карты ОСР-2017 Узбекистана, разработанной Институтом сейсмологии АН РУ. На диаграмме (рис.1) приведены сравнительные данные в процентах исходного ускорения для столичных городов областей Республики Узбекистан по карте ОСР-78 и ОСР-2017.

Отличительные особенности данных карты ОСР-2017, которые произошли за 5-7 лет, по сравнению с данными ОСР-78 приведены ниже.

#### ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАРТЫ ОСР-2017:

- Количество населенных пунктов (НП) – 512 (вместо 361 по ОСР - 78)
- Повторяемость изменена в 156 НП до 10 и более раз

- 10 НП из 10-балльного района переведены на 9 и 8-балльные районы.
- В восьми НП понижена балльность.
- В 34 НП повышена балльность, в том числе на 2 балла.
- К 7-балльной зоне относятся ускорения от 100 до 195 см/с<sup>2</sup> с градацией 5 см/с<sup>2</sup>, всего 19 значений вместо 100 см/с<sup>2</sup>.
- К 8-балльной зоне относятся ускорения от 200 до 395 см/с<sup>2</sup> с градацией 5 см/с<sup>2</sup>, всего 41 значение вместо 200 см/с<sup>2</sup>.
- К 9-балльной зоне относятся ускорения от 400 до 470 см/с<sup>2</sup> с градацией 5 см/с<sup>2</sup>, всего 14 значений вместо 400 см/с<sup>2</sup>.
- Районы >9 баллов отсутствуют и не имеют значений ускорения вместо 586 см/с<sup>2</sup>.
- Из карты исчезли районы ВОЗ– 9\* с ускорением 800 см/с<sup>2</sup>.

Следует указать, что инженерный анализ землетрясений на территории стран СНГ, начиная со Спитакского землетрясения, показал, что нет ни одного случая разрушения здания или значительных его повреждений после землетрясения расчетной интенсивности по причине заниженной расчетной сейсмической нагрузки с ускорениями (балльностью), подсчитанными с применением карты ОСР-78. Это объясняется тем, что на выходе расчетное ускорение увеличивается за счет коэффициентов, не зависящих напрямую от сейсмической опасности, до 6-8 раз. И надо указать, что ожидаемые эффекты от применяемых коэффициентов могут не проявляться. Таким образом, расчетные ускорения с лихвой перекрывают увеличение балльности (ускорений) и повторяемости землетрясений по новым картам, достоверность кото-



рых весьма трудно поддается проверке.

Структура формирования сейсмических сил по нормам не требует дальнейшего их увеличения для восприятия землетрясений за счет расчетно-теоретического способа увеличения значений ускорений в современных картах. Эти строки могут быть восприняты отрицательно сейсмологами, математиками, геофизиками, создающими новые карты ОСР. Однако одно очевидно, доказуемость столь разительных изменений ускорений и повторяемости за короткий отрезок времени, что приводит к неоправданному, по нашему мнению, дополнительному экономическим затратам сейсмостойкого строительства. И если на самом деле эти разительные прогнозы окажутся правильными, что весьма трудно контролировать, то эти завышенные ускорения и изменения повторяемости можно использовать для оценки сейсмического риска городов и населенных пунктов и ранжирования их по индексу сейсмического риска. И это будет верхним пределом оценки сейсмического риска зданий и сооружений существующей застройки, проводимой, как правило, ведомствами Министерств по чрезвычайным ситуациям каждой страны. А в настоящее время так сложилось, что методика расчета сейсмических сил, заложенная в нормах, с учетом данных карт ОСР-78, при прочих равных условиях, удовлетворяет требованиям по сейсмобезопасности зданий и сооружений при известных нам землетрясениях расчетной интенсивности.

В связи с потребностями проектирования и строительства зданий перед сейсмологами стоят большие задачи по удовлетворению требований строителей в части:

- установления превышения интенсивности против существующей карты ОСР страны;
- оценки интенсивности и прогнозы землетрясений в ближайшие отрезки времени – 30, 50 и 100 лет;
- установления спектральных характеристик землетрясений (прогнозирование акселерограмм) с учетом грунтовых условий;
- установления активной части временной записи и повторяемости (магнитуда и повторяемость);
- декрементов затухания в зависимости от бальности;
- разработки карт микросейсмрайонирования городов и населенных пунктов с их полноценным наполнением местными эффектами и др.

Все нормы стран СНГ имеют рекомендации по расчету конструкций зданий на физическом уровне, когда сейсмические силы принимаются по акселерограммами реальных или искусственных землетрясения. Философия расчета на акселерограммам, заложенная в нормах Узбекистана, ориентирована не на подбор сечения элементов конструкций здания, а на проверку деформативных свойств здания, запроектированного по спектральному методу.

## ОБ ОТДЕЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЯХ ПО РАЗРАБОТКЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Специальные технические условия – мининормы для проектирования конкретного здания с новой конструктивной системой, характеристики которого не отвечают требованиям предписывающих норм, например по этажности, шагам и пролетам несущих конструкций, высоте, а также другим параметрам. Разработанность методики создания специальных технических условий находится на среднем или низком уровнях.

Главная цель СТУ – обеспечение проектировщика инструментом, который позволит ему проектировать новые типы зданий новых типов конструктивных систем. СТУ должны содержать отсутствующие в предписывающих нормах мероприятия, компенсирующие отрицательное влияние вынужденных отступлений на сейсмостойкость проектируемого здания. При этом, мероприятия должны быть конкретными и нацеленными на обеспечение достаточной сейсмобезопасности нового типа зданий. Эти мероприятия должны касаться устройства основания и фундаментов объекта, расчетных характеристик для расчета сейсмических сил, а также конструктивных мероприятий, обеспечивающих развитие допускаемых упругопластических деформаций конструкций здания.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. КМК 2.01.03-19 «Строительство в сейсмических районах» / Госархитектстрой РУз, Ташкент, 2019. – 111 с.
2. SNIP Технические регулирования в строительстве. Аналитический обзор мирового опыта. SNIP Innovative Technologies; рук. Серых А. – Чикаго: SNIP, 2010 -889 с.

## REFERENCES

1. Construction in earthquake prone areas. КМК 2.01.03-19 (2019)
2. Serih A. (ed). (2010). SNIP Technical Regulation in Construction: Analytical Review of World Experience. SNIP Innovative Technologies. Chicago: SNIP

Статья поступила в редакцию 28.07.2021 года.