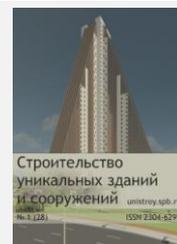


Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spb.ru



Анализ работы рамных узлов одноэтажного стального каркаса в условиях высокой сейсмичности с использованием ПК "SCAD"

К.А. Егармин¹, Г.Ю. Сысоев², Н.И. Ватин³, М.В. Врублевская⁴

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет», 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.

Информация о статье	История	Ключевые слова
УДК 69.059	Подана в редакцию 26 мая 2014 Принята 03 февраля 2015	сейсмичность, анализ работы, стальной каркас, узлы, SCAD
Научная статья		

АННОТАЦИЯ

В данной статье представлен анализ результатов расчета одноэтажного стального рамного каркаса. Была рассмотрена система из 5 рам с шагом 6 метров, шарнирно закрепленных к монолитной железобетонной плите толщиной 200 мм с глинистым основанием. К расчетной схеме прикладывались статические загрузки: собственный вес конструкций, вес ограждающих конструкций, вес инженерного оборудования, вес снегового покрова, ветровая нагрузка.

Расчет производился в ПК "SCAD". В результате расчета на сейсмическое воздействие были получены и проанализированы усилия в элементах конструкции и сделаны выводы. Было установлено, что наиболее опасным направлением сейсмического воздействия является направление, перпендикулярное длине здания. Это подтверждают полученные внутренние усилия в элементах. Нагрузка, направленная вдоль здания, вызывает повышенные нормальные усилия в системе связей каркаса.

Содержание

1.	Введение	35
2.	Актуальность темы	35
3.	Обзор литературы	36
4.	Особенности расчета зданий на сейсмическое воздействие. Основные факторы	37
5.	Анализ работы расчетной схемы	37
6.	Результаты анализа	39
7.	Заключение	39

¹ Контактный автор:
² +7 (961) 803 1520, kon.egarmin@mail.ru (Егармин Константин Александрович, старший преподаватель)
³ +7 (921) 346 6727, 401511@mail.ru (Сысоев Григорий Юрьевич, ассистент)
⁴ +7 (921) 964 3762, vatin@mail.ru (Ватин Николай Иванович, д.т.н., профессор, директор ИСИ)
+7 (921) 755 6731, masha0901@gmail.com (Врублевская Мария Викторовна, старший преподаватель)

1. Введение

Землетрясения – одна из самых разрушительных сил природы. Сильные землетрясения с магнитудой от 5 до 8,5 приводят к большим разрушениям и человеческим жертвам. За всю историю человечества около 80 миллионов человек погибло от землетрясений и их прямых последствий: пожаров, цунами, обвалов и пр. [1].

2. Актуальность темы

Территория Российской Федерации, по сравнению с другими странами мира, расположенными в сейсмоактивных регионах, в целом характеризуется умеренной сейсмичностью. Исключение составляют регионы Северного Кавказа, юга Сибири и Дальнего Востока, где интенсивность сейсмических сотрясений достигает 8-9 и 9-10 баллов по 12-балльной макросейсмической шкале MSK-64. Определенную угрозу представляют и 6-7-балльные зоны в густозаселенной европейской части страны.

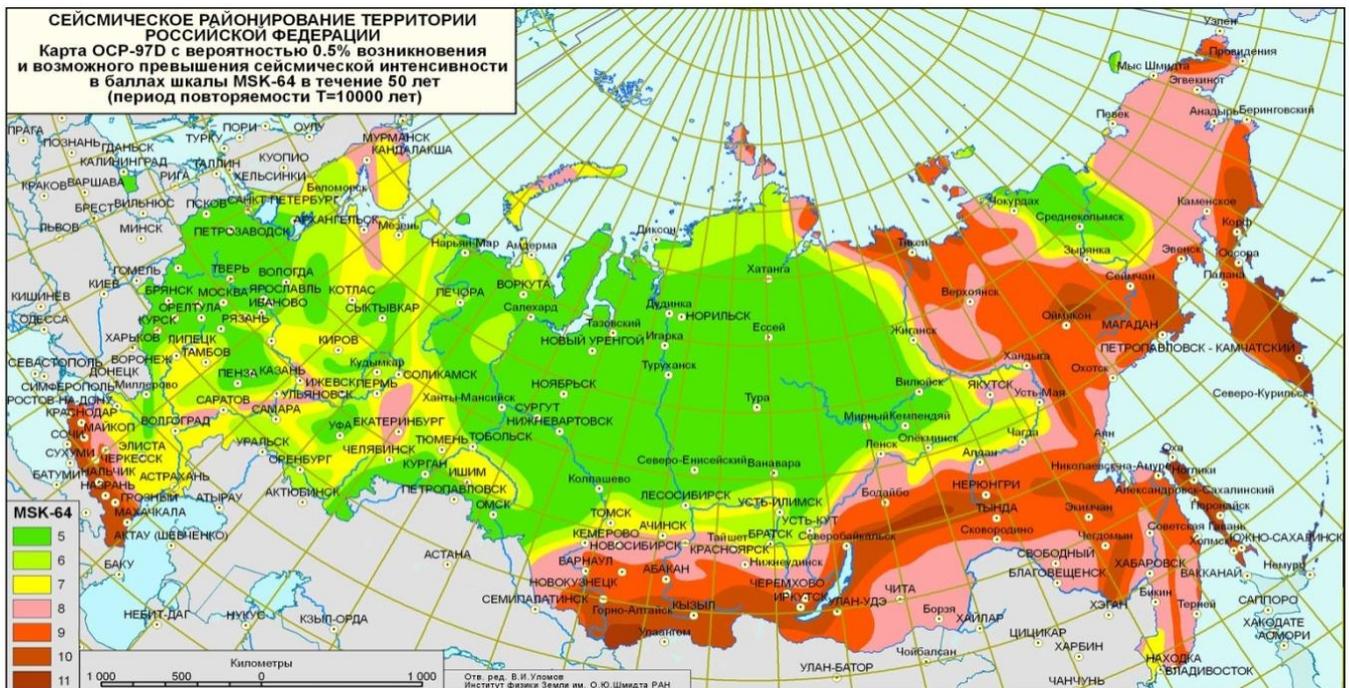


Рисунок 1. Сейсмическое районирование

Сейсмичность территории России удобно рассматривать (рисунок 1) [2] по регионам, расположенным в трех основных секторах - в европейской части страны, Сибири и на Дальнем Востоке. В такой же последовательности представлена и степень изученности сейсмичности этих территорий, основанная не только на инструментальных, но и на исторических и геологических сведениях о землетрясениях. Более или менее сопоставимы и надежны результаты наблюдений, выполненные лишь с начала XIX века, что получило отражение и в приведенном ниже изложении.

В связи с увеличением объемов строительства и развитием инфраструктуры в Европейской части Российской Федерации, в том числе и в Крыму, рассмотрим основные её регионы с точки зрения сейсмической активности. Северный Кавказ, будучи составной частью протяженной Крым-Кавказ-Копетдагской зоны Иран-Кавказ-Анатолийского сейсмоактивного региона, характеризуется самой высокой сейсмичностью в европейской части страны. Здесь известны землетрясения с магнитудой около $M=7.0$ и сейсмическим эффектом в эпицентральной области интенсивностью $I_0=9$ баллов и выше. Наиболее активна восточная часть Северного Кавказа - территории Дагестана, Чечни, Ингушетии и Северной Осетии. Из крупных сейсмических событий в Дагестане известны землетрясения 1830 г. ($M=6.3$, $I_0=8-9$ баллов) и 1971 г. ($M=6.6$, $I_0=8-9$ баллов); на территории Чечни - землетрясение 1976 г. ($M=6.2$, $I_0=8-9$ баллов). В западной части, вблизи границы России, произошли Тебердинское (1902 г., $M=6.4$, $I_0=7-8$ баллов) и Чхалтинское (1963 г., $M=6.2$, $I_0=9$ баллов) землетрясения, Ялтинское (1927 г., $M=6.2$, $I_0=8-9$ баллов).

Самые крупные из известных землетрясений Кавказа, ощущавшихся на территории России интенсивностью до 5-6 баллов, произошли в Азербайджане в 1902 г. (Шемаха, $M=6.9$, $I_0=8-9$ баллов), в Армении в 1988 г. (Спитак, $M=7.0$, $I_0=9-10$ баллов), в Грузии в 1991 г. (Рача, $M=6.9$, $I_0=8-9$ баллов) и в 1992 г. (Барисахо, $M=6.3$, $I_0=8-9$ баллов).

На Скифской плите местная сейсмичность связана со Ставропольским поднятием, частично захватывающим Адыгею, Ставропольский и Краснодарский края. Магнитуды известных здесь землетрясений пока не достигали $M=6.5$. В 1879 г. произошло сильное Нижнекубанское землетрясение ($M=6.0$, $I_0=7-8$ баллов). Имеются исторические сведения о катастрофическом Понтикапейском землетрясении (63 г. до н. э.), разрушившим ряд городов по обе стороны Керченского пролива. Многочисленные сильные и ощутимые землетрясения отмечены в районе Анапы, Новороссийска, Сочи и на других участках Черноморского побережья, а также в акватории Черного и Каспийского морей [2].

Интенсивное строительство объектов в сейсмических районах Российской Федерации приводит к необходимости усовершенствования методики анализа зданий на сейсмические воздействия с целью обеспечения необходимой прочности и геометрической неизменяемости конструкций, гарантирующих надежность и безопасность сооружений. Потребностью в таких методиках и их совершенствованию посвящено значительное число работ.

3. Обзор литературы

Объективным критерием эффективности и обоснованности существующих принципов проектирования, расчетных и конструктивных мероприятий по повышению сейсмостойкости объектов строительства является анализ их работы на основе изучения последствий сильных землетрясений, позволяющих выделить характерные типы повреждений и разрушений конструктивных элементов, их соединений. По результатам этого анализа разработан ряд современных методов сейсмозащиты зданий и сооружений [3-15]. Дальнейшее развитие этих методов обусловило интерес к специальным конструкциям подземной части зданий, способным уменьшить инерционные силы в их надземных частях - так называемым системам с гибкой нижней частью несущей конструкции здания. Идея сейсмоизоляции зданий с помощью устройства в зданиях первого (или подвального) гибкого этажа получила довольно широкое распространение, в том числе и в нашей стране, так как для своего воплощения не требовала специальных мероприятий, выходящих за границы традиционных способов строительства зданий. Развитию этой идеи посвящены работы [16-25].

Появление современных автоматизированных систем обеспечило возможность смоделировать и проанализировать сейсмические воздействия на компьютерных моделях зданий и сооружений [26-28].

Применение компьютерных моделей позволяет рассмотреть и изучить их поведение в экстраординарных условиях и расширить представления о возможностях использования методов сейсмозащиты.

При оценке сейсмостойкости конструкций нашли также применение вероятностные методы оценки сейсмических воздействий на сооружения [29-31].

Создание новых стальных профилей и материалов [32-35] является еще одной из возможностей создания новых типов сейсмостойких сооружений, а применение новых материалов в строительстве позволяет реализовать идею сейсмогашения.

В настоящее время строительство объектов в сейсмических районах Российской Федерации следует производить в соответствии с [36-38], что позволит существенно повысить надежность и сейсмостойкость возводимых сооружений [39].

Зарубежные источники, в частности [40-42], рассматривают возможности повышения уровня сейсмической защиты уже существующих RC структур в сейсмически активных регионах (например, Македония).

4. Особенности расчета зданий на сейсмическое воздействие. Основные факторы

При определении расчетных сейсмических нагрузок на здания и сооружения следует принимать расчетные динамические модели конструкций (РДМ), согласованные с расчетными статическими моделями конструкций и учитывающие особенности распределения нагрузок, масс и жесткостей зданий и сооружений в плане и по высоте, а также пространственный характер деформирования конструкций при сейсмических воздействиях. Массы (вес) нагрузок и элементов конструкций в РДМ допускается принимать сосредоточенными в узлах расчетных схем. При вычислении массы необходимо учитывать только нагрузки, создающие инерционные силы [29].

Основными факторами, влияющими на прочность здания при сейсмическом воздействии, являются:

1. Габариты здания, геометрическая форма. Здания сложной формы в плане и с перепадами по высоте наиболее сильно поддаются воздействию сейсмической волны вследствие концентрации усилий.
2. Число форм собственных колебаний здания. Конструкции каркаса меняют свою форму при воздействии сейсмической волны по разным схемам. Минимальное число форм собственных колебаний равно 3 [29]. Благодаря современным расчетным программам можно учитывать сотни форм собственных колебаний. На практике принимается от 20 до 120 форм в зависимости от габаритов сооружения.
3. Конструктивная схема здания.
4. Магнитуда землетрясения.
5. Статические нагрузки на здание.

5. Анализ работы расчетной схемы

Для анализа была взята система из 5 рам (рисунок 2), идущих с шагом 6 метров, шарнирно закрепленных к монолитной железобетонной плите толщиной 200мм с глинистым основанием. Жесткость каркаса в продольном направлении обеспечивается системой вертикальных связей и связей по покрытию. Жесткость каркаса в поперечном направлении обеспечивается жесткостью рамных узлов.

Для зданий с данным конструктивно-планировочным решением допускается принимать расчетные сейсмические нагрузки, действующие горизонтально в направлении их продольных и поперечных осей. Действие сейсмических нагрузок в указанных направлениях можно учитывать раздельно [29].

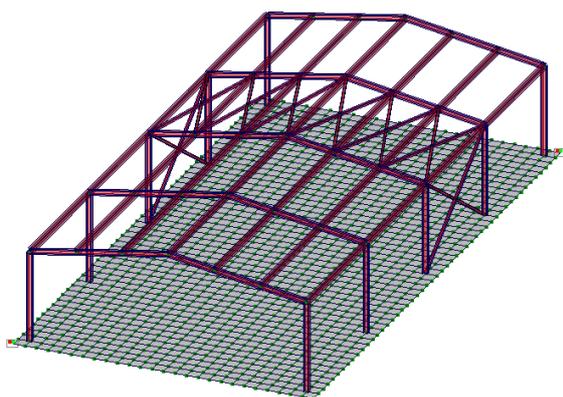


Рисунок 2. Визуализация расчетной схемы рамы

К расчетной схеме прикладывались статические загрузки, в соответствии с [32]: собственный вес конструкций, вес ограждающих конструкций, вес инженерного оборудования, вес снегового покрова, ветровая нагрузка.

Расчет конструкций и оснований зданий и сооружений, проектируемых для строительства в сейсмических районах, должен выполняться на основные и особые сочетания нагрузок с учетом сейсмических воздействий, соответствующих картам ОСР-97 (А, В и С). При расчете на особое сочетание нагрузок значения расчетных нагрузок были умножены на коэффициенты сочетаний, принимаемые по Таблице 1 [29]. Температурные климатические воздействия, ветровые нагрузки, динамические воздействия от оборудования при этом не учитывались.

Таблица 1. Виды нагрузок и коэффициенты сочетаний

Виды нагрузок	Значение коэффициента сочетаний n_c
Постоянные	0,9
Временные длительные	0,8
Кратковременные (на перекрытия и покрытия)	0,5

Была рассмотрена работа данной конструкции при различных вариантах сейсмических загрузений. Проанализирована работа при разном числе форм собственных колебаний, направлений сейсмического воздействия и категории грунта. Расчет был проведен в САПР SCAD Office 11.5, используя метод итерации подпространств, результаты которого сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Результаты расчета

N п/п	Направление нагрузки	Категории грунта	$n_{\text{форм}} \text{ колебаний}$	M_y	N	Q_y
11	X=1 Y=0 Z=0	I	3	-	1,8	-0,02
22			60	7,8	1,8	-0,03
33			120	<u>11,45</u>	2,64	-0,03
44		II	3	7,8	1,8	-0,02
55			60	-	1,8	-0,03
66			120	-	2,64	-0,03
77		III	3	-	1,78	-0,02
88			60	-	1,78	-0,03
99			120	-	2,57	-0,04
110	X=0 Y=1 Z=0	I	3	-0,66	-0,15	-
111			60	-1,68	1,34	-0,04
112			120	-1,83	1,35	-0,04
113		II	3	-0,66	-0,15	-
114			60	-1,68	1,34	-0,04
115			120	-1,83	1,35	-0,04
116		III	3	-0,66	-0,15	-
117			60	-1,63	-0,97	-0,04
118			120	-1,61	0,98	-0,04
119	X=0 Y=0 Z=1	I	3	-	0,3	0
220			60	-3,2	-0,78	-
221			120	-3,62	-0,85	-
222		II	3	-	0,3	0
223			60	-3,2	-0,78	-
224			120	-3,62	-0,85	-
225		III	3	-	0,3	0
226			60	-2,96	-0,72	-
227			120	-3,14	-0,76	-
228	X=0,5 Y=0,5 Z=0	I	3	-	0,82	0
229			60	-	1,03	-0,03
330			120	-	1,36	-0,03
331		II	3	-	0,82	0
332			60	-	1,03	-0,03
333			120	-	1,36	-0,03
334		III	3	-	0,81	0
335			60	-	-0,03	-0,03
336			120	-	1,11	-0,03

6. Результаты анализа

По результатам расчета были проанализированы усилия в рамных узлах каркаса:

- с увеличением форм колебаний возрастают внутренние усилия в элементах;
- число форм колебаний значительно влияет на усилия в зависимости от формы здания в плане;
- с уменьшением категории грунта, усилия также уменьшаются;
- категория грунта не влияет на усилия при сейсмической нагрузке вертикального направления;
- особое внимание стоит уделять изгибающим моментам, т.к. они достигают максимального значения.
- при расчете на сейсмическое воздействие главное- это определить наиболее опасное направление действия сейсмической нагрузки.

7. Заключение

В результате проведенного расчета было установлено, что наиболее опасным направлением сейсмического воздействия является направление, перпендикулярное длине здания. Это подтверждают полученные внутренние усилия в элементах. Нагрузка, направленная вдоль здания, вызывает повышенные нормальные усилия в системе связей каркаса.

Литература

- [1]. Рахмануддин Ольфати. Стальные конструкции малоэтажных промзданий в условиях высокой сейсмики; Дис. канд. техн. наук : 05.23.01 : Москва, 2004, 234 с. РГБ ОД, 61:04-5/3069
- [2]. В.И.Уломов. Сейсмичность // Большая Российская Энциклопедия (БРЭ). Том "Россия". 2004.
- [3]. Поляков С.В. Последствия сильных землетрясений. М., 1978.
- [4]. Поляков С.В. Современные методы сейсмозащиты зданий. М., 1984.
- [5]. Поляков С.В. Сейсмостойкие здания и развитие теории сейсмостойкости. М., 1984.
- [6]. Рассказов В.Т. Основы физических методов определения сейсмических воздействий. Ташкент, 1973.
- [7]. Синицын А.П. Практические методы расчета сооружений на сейсмические нагрузки. М., 1967.
- [8]. Джабуа Ш.А. Альбом деталей сейсмостойких конструкций для жилых и гражданских зданий. М., 1952.
- [9]. Жунусов Т., Буцацкий Е.. Современное сейсмостойкое строительство. Алма-Ата, 1976.
- [10]. Селезнева Г.С. Динамика и сейсмостойкость здания и сооружения. Душанбе, 1976.
- [11]. СНиП II-A-12-62. Строительство в сейсмических районах. М., 1963.
- [12]. СН-8-57. Нормы и правила строительства в сейсмических районах. М., 1975.
- [13]. Абдурашидов К.С. Колебания и сейсмостойкость промышленных сооружений. Ташкент, 1989.
- [14]. Корчинский И.Л. Расчет сооружений на сейсмические воздействия. М., 1954.
- [15]. Корчинский И.Л. Сейсмостойкое строительство зданий. М., 1971.
- [16]. Chen W.F., Scawthorn Ch. Earthquake Engineering Handbook. Hawaii University, 2003. P.1450.
- [17]. Freeman S.A. Review of Development of the Capacity Spectrum Method. ISET Journal of Earthquake Technology. Paper №438, Vol.41, №1 -March,2004,P.1-13.
- [18]. Steiner, F. Oakland city hall repair and upgrades. Design Decisions Methods, and Procedures, EERI. November. 2004. P. 29.
- [19]. Martelli, A. Seismic isolation: present application and perspectives . International Workshop on Base Isolated High-rise Buildings. Yerevan. Armenia. June 15 - 17. 2006. P. 1 - 26.
- [20]. Айзенберг Я.М. Сейсмоизоляция высоких зданий. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2007. №4. С.41-43.
- [21]. Авидон Г.Э., Карлина Е.А. Особенности колебаний зданий с сейсмоизолирующими фундаментами. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2008. №1. С.42-44.
- [22]. Джинчвелашвили Г.А., Колесников А.В., Заалишвили В.Б., Годустов И.С. Перспективы развития систем сейсмоизоляции современных зданий и сооружений. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2009. №6. С.27-31.
- [23]. Арутюнян А.Р. Современные методы сейсмоизоляции зданий и сооружений. Инженерно-строительный журнал. 2010. № 3. С. 56-60.
- [24]. Смирнов В.И. Сейсмоизоляция — современная антисейсмическая защита зданий в России. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2013. №4. С.44-46
- [25]. Mkrtcheyev O.V., Dzhinchvelashvili G.A., Bunov A.A. Study of lead rubber bearings operation with varying height buildings at earthquake./ XXIII Russian-Polish- Slovak seminar "Theoretical foundation of civil engineering". 2014, P. 6.
- [26]. Вычислительный комплекс SCAD / В.С. Карпиловский, Э.З. Криксунов, А.А. Маляренко, М.А. Микитавренко, А.В. Перельмутер, М.А. Перельмутер, - М.: Издательство «СКАД СОФТ», 2009.
- [27]. Перельмутер А.В., Криксунов Э.З., Юрченко В.В. Расчетные модели фланцевых соединений рамных узлов металлических конструкций и их программная реализация в SCADOffice. CADmaster. 2010. № 3. С. 110.
- [28]. Пуховский А.Б. Предварительно напряженные металлические конструкции для сейсмических районов, 1987.
- [29]. Мондрус В.Л. Вероятностные методы оценки сейсмических воздействий на сооружения. М., 1994.

- [30]. Davydova, G. V. Why the overdamped isolation is better than the undamped one. ASSISI, 10th World Conference on Seismic Isolation Energy Dissipation and Active Vibrations Control of Structures, 28-31 May, Istanbul, Turkey, ABSTRACTS BOOK. Dynamic isolation systems. 2007. P.69.
- [31]. Davydova, G. V. Some peculiarities of setting the earthquake input for the statistic simulation of base isolated systems. ASSISI, 11th World Conference on Seismic Isolation Energy Dissipation and Active Vibrations Control of Structures, 17-20 Nov., Guangzhou, China, ABSTRACTS BOOK. Dynamic isolation systems. 2009. P.4.
- [32]. Петров К.В., Золотарева Е.А., Володин В.В., Ватин Н.И., Жмарин Е.Н. Реконструкция крыш Санкт-Петербурга на основе легких стальных тонкостенных конструкций и антиобледенительной системы. Инженерно-строительный журнал. 2010. № 2. С. 59-64.
- [33]. Кузнецов В.Д., Лядский В.А. Сейсмоизоляция общественных зданий на основе фторопласта. Инженерно-строительный журнал. 2010. № 3. С. 61-64.
- [34]. Ватин Н.И., Синельников А.С. Большепролетные надземные пешеходные переходы из легкого холодногнутого стального профиля. Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. № 1. С. 47-53.
- [35]. Vatin N., HavulaJa., Martikainen L., Sinelnikov A., Orlova A., Salamakhin S. Thin-walled cross-sections and their joints and fem-modelling. Advanced Materials Research. 2014. № 945-949. P. 1211-1215.
- [36]. СНиП II-7-81.2000. Строительство в сейсмических районах. М.: Госстрой России.
- [37]. СП 14.13330.2011. Строительство в сейсмических районах
- [38]. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия
- [39]. Румянцев Е.В., Белугина Е.А. Моделирование конструкций железнодорожного терминала станции Адлер с учетом системы сейсмоизоляции. Инженерно-строительный журнал. 2012. №1(27). С. 22-30.
- [40]. Pankai Pankai, Ermiao Lin. Material modelling in the seismic response analysis for the design of RC framed structures. Engineering structures: The journal of earthquake, wind and ocean engineering. 2005. №7. P.1014-1023.
- [41]. UFC 4-023-03. Unified Facilities Criteria (UFC). Design of Buildings to Resist Progressive Collapse. Department of Defense USA. 2005.
- [42]. Bozinovski Z., Sendova V., Gorgievska E. Raising the level of seismic protection of existing RC structures in seismically active regions. Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. №7. С.107-115.

Егармин К.А., Сысоев Г.Ю., Ватин Н.И., Врублевская М.В. Анализ работы рамных узлов одноэтажного стального каркаса в условиях высокой сейсмичности с использованием ПК "SCAD" // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №2(29). С. 34-44.

Egarmin K.A., Sysoev G.Yu., Vatin N.I., Vrublevskaya M.V. Analysis of stress in frame nodes of a single-storey steel framework in high seismic loads conditions with the use of SCAD software. Construction of Unique Buildings and Structures, 2015, 2(29), Pp. 34-44. (rus)

Analysis of stress in frame nodes of a single-storey steel framework in high seismic loads conditions with the use of SCAD software

K.A. Egarmin¹, G.Yu. Sysoev², N.I. Vatin³, M.V. Vrublevskaya⁴

Saint-Petersburg Polytechnic University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia

ARTICLE INFO

Original research article

Article history

Received 30 May 2014
Accepted 03 December 2014

Keywords

seismic,
stress analysis,
steel framework,
nodes,
SCAD

ABSTRACT

The article contains an analysis of calculation data of a single-storey steel framework. The calculations were conducted with the use of SCAD software. The stress in elements was calculated and analyzed during the research.

¹ *Corresponding author:*

+7 (961) 803 1520, kon.egarmin@mail.ru (Konstantin Aleksandrovich Egarmin, Senior Lecturer)

² +7 (921) 346 6727, 401511@mail.ru (Grigory Yurievich Sysoev, Assistant)

³ +7 (921) 964 3762, vatin@mail.ru (Nikolay Ivanovich Vatin, D. Sc., Professor, Director of Civil Engineering Institute)

⁴ +7 (921) 755 6731, masha0901@gmail.com (Maria Viktorovna Vrublevskaya, Senior Lecturer)

References

- [1]. Rakhmanuddin O. *Stalnye konstruktsyi maloetazhnykh promzdaniy v usloviyakh vysokoy seysmiki* [Steel Structures of Low-Rise Industrial Buildings Located in the Areas of High Seismic Risks]; *Dis.kand. tekhn.nauk: 05.23.01 :M/*, 2004. 234 p. (rus)
- [2]. Ulomov V.I. Seysmichnost // *Bolshaya Rossiyskaya Entsiklopediya (BRE)* [Great Russian Encyclopedia (GRE)]. V."Russia". 2004. (rus)
- [3]. Polyakov S.V. *Posledstviya sylnykh zemlyatryaseniy* [Strong earthquakes effect]. M., 1978. (rus)
- [4]. Polyakov S.V. *Sovremennyye metody seysmozashchity zdaniy* [Modern methods of seismoprotection].M., 1984.(rus)
- [5]. Polyakov S.V. *Seysmostoykiye zdaniya I razvitiye teorii seysmostoykosti* [Aseismic buildings aseismic theory elaboration]. M., 1984.(rus)
- [6]. Rasskazov V.T. *Osnovy fizicheskikh metodov opredeleniya seysmicheskikh vozdeystviy*. [Physical methods of seismic influence fundamentals] Tashkent, 1973.(rus)
- [7]. Sinityn A.P. *Prakticheskiye metody rascheta sooruzheniy na seysmicheskiye nagruzki* [Practical methods of seismic influence calculation for buildings]. M., 1967.(rus)
- [8]. Dzhabua Sh. A. *Albom detaley seysmostoykikh konstruktsiy dlya zhilykh I grazhdanskikh zdaniy* [Aseismic constructions details album for thevein and civil buildings].M., 1967.(rus)
- [9]. Zhunusov T., Buchatskiy E. *Sovremennoye seysmostoykoye stroitelstvo* [Modern aseismic construction]. Alma-Ata, 1976.(rus)
- [10]. Seleznyeva G.S. *Dinamikai seysmostoy kostzdaniya I sooruzheniya* [Dynamics and aseismic of building and construction]. Dushanbe, 1976.(rus)
- [11]. SNiPII-A-12-62. *Stroitelstvo v seismicheskikh raiyonakh* [Seismic regions construction].M., 1963.(rus)
- [12]. SN -8-57. *Normy ii pravilastroitelstva v seismicheskikh raiyonakh* [Seismic regions construction standards and rules]. M., 1975. (rus)
- [13]. Abdurashidov K.S. *Kolebaniya b seysmostoycost promyshlennykh sooruzheniy* [Vibration and Earthquake Resistance of Industrial Facilities]. Tashkent, 1989.(rus)
- [14]. Korchinskiy I.L. *Raschyot sooruzheniy na seysmicheskiye vozdeystviya*. [Seismic influence calculation for constructions] M., 1954 .(rus)
- [15]. Korchinskiy I.L. *Seysmostoykoye stroitelstvo zdaniy* [Aseismic building construction].M., 1971.(rus)
- [16]. Chen W.F., Scawthorn Ch. *Earthquake Engineering Handbook*. Hawaii University, 2003. P.1450.
- [17]. Freeman S.A. Review of Development of the Capacity Spectrum Method. ISET Journal of Earthquake Technology. Paper №438, Vol.41, №1 -March, 2004, P.1-13.
- [18]. Steiner, F. Oakland city hall repair and upgrades. Design Decisions Methods, and Procedures, EERI. November. 2004. P. 29.
- [19]. Martelli, A. Seismic isolation: present application and perspectives . International Workshop on Base Isolated High-rise Buildings. Yerevan. Armenia. June 15 - 17. 2006. P. 1 - 26.
- [20]. Ayzenberg Ya. M. *Seysmoizolyatsiya vysokix zdaniy. Seysmostoykoe stroitel"stvo. Bezopasnost" soorucheny*. 2007. Vol. 4. Pp. 41-43. (rus)
- [21]. Avidon G.E., Karlina E.A. *Osobennosti kolebaniy zdanuy s seysmoizoliruyushimi fundamentami. Seysmostoykoe stroitel"stvo. Bezopasnost" soorucheny*. 2008. Vol. 1. Pp. 42-44. (rus)
- [22]. Dchinchvelashvili G.A., Kolesnikov A.V., Zaalishvili V.B., Godustov I.S. *Perspektivy razvitiya sistem seysmoizolyatsii sovremennyx zdaniy i soorucheny. Seysmostoykoe stroitel"stvo. Bezopasnost" soorucheny*. 2009. Vol. 6. Pp.27-31. (rus)
- [23]. Arutunyan A.R. *Sovremennyye metody seysmoizolyatsii zdaniy i soorucheny*. Magazine of Civil Engineering. 2010. Vol. 3. Pp. 56-60. (rus)
- [24]. Smirnov V.I. *Seysmoizolyatsiya — sovremennaya antiseysmicheskaya zashita zdaniy v Rossii. Seysmosmoykoe stroitel"stvo. Bezopasnost" soorucheny*. 2013. Vol. 4. Pp. 44-46. (rus)

- [25]. Mkrtichev O.V., Dzhinchvelashvili G.A., Bunov A.A. Study of lead rubber bearings operation with varying height buildings at earthquake./ XXIII Russian-Polish- Slovak seminar "Theoretical foundation of civil engineering". 2014, 6 p.
- [26]. Karpilovskiy V.S., Kriksunov E.Z., Malyarenko A.A., Mikitarenko M.A., Perelmuter A.V., Perelmuter M.A. *Vychislitelnyy kompleks SCAD* [Computer complex SCAD]. Moscow: SCAD SOFT, 2009. 647 p. (rus)
- [27]. Perelmuter M.A., Kriksunov E.Z., Yurchenko V.V. *Raschetnie modeli flancevikh soedineniy ramnih uzlov metallicheskih konstruksiy i ih programmaya realizatsiya v SCAD Office. CADmaster* [Settlement models of flange connections of frame knots of metal designs and their program realization in SCAD Office. CADmaster]. 2010. Vol. 3. 110 p.
- [28]. Pukhovskiy A.B. *Predvaritelno napryazhennye metallicheskiye konstruksii dly aseymicheskikh rayonov*, [Prestressed steel constructions for the seismic regions]. M., 1987. (rus)
- [29]. Mondrus V.L. *Veroyatnostnye metody otsenki seymicheskikh vozdeystviy na sooruzheniya* [Probabilistic Approaches for Analysis of Seismic Actions on Structures]. M., 1994. (rus)
- [30]. Davydova, G. V. Why the overdamped isolation is better than the undamped one. ASSISI, 10th World Conference on Seismic Isolation Energy Dissipation and Active Vibrations Control of Structures, 28-31 May, Istanbul, Turkey, ABSTRACTS BOOK. Dynamic isolation systems. 2007. P.69.
- [31]. Davydova, G. V. Some peculiarities of setting the earthquake input for the statistic simulation of base isolated systems. ASSISI, 11th World Conference on Seismic Isolation Energy Dissipation and Active Vibrations Control of Structures, 17-20 Nov., Guangzhou, China, ABSTRACTS BOOK. Dynamic isolation systems. 2009. P.4.
- [32]. Petrov K.V., Zolotareva E.A., Volodin V.V., Vatin N.I., Zhmarin E.N. *Rekonstruktsiya krish Sankt-Peterburga na osnove legkikh stalnih tonkostennih konstruksiy i antiobledenitelnoy sistem. [Refurbishment of Roofs in Saint Petersburg Using Thin-Walled Steel Structures and De-icing Systems]. Ingenerno-stroitelnyy zhurnal. 2010. №2. P. 59-64.*
- [33]. Kuznetsov V.D., Lyadskiy V.A. *Seysmoizolyatsiya obshchestvennykh zdaniy na osnove ftoroplasta. Inchenerno-stroitelnyy churnal. 2010. № 3. S. 61-64. (rus)*
- [34]. Vatin N.I., Sinilnikov A.S. Long Span Footway Bridges: Cold Formed Light Steel Cross-section. Construction of Unique Buildings and Structures. 2012. Vol. 1. Pp. 47-53.(rus)
- [35]. Vatin N., Havula Ja., Martikainen L., Sinelnikov A., Orlova A., Salamakhin S. Thin-walled cross-sections and their joints and fem-modelling. Advanced Materials Research. 2014. № 945-949. P. 1211-1215.
- [36]. SNiP II-7-81.2000. *Stroitelstvo v seymicheskix rayonax*. [Construction of seismic regions] M.: Gosstroy Rossii. (rus)
- [37]. SP 14.13330.2011. *Stroitelstvo v seymicheskikh rajonakh* [Construction of seismic regions].(rus)
- [38]. SP 20.13330.2011. *Nagruzki i vozdeystviya* [Loadings and influences].(rus)
- [39]. Rumyantsev E.V., Belugina E.A. *Modelirovanie konstruksiy cheleznodorozhnogo terminala stantsii Adner s uchetom sistemy seysmoizolyatsii. Inchenerno-stroitelnyy churnal. 2012. №1(27). S. 22-30. (rus)*
- [40]. Pankai Pankai, Ermiao Lin. Material modeling in the seismic response analysis for the design of RC framed structures. Engineering structures: The journal of earthquake, wind and ocean engineering. 2005. №7. P.1014-1023.
- [41]. UFC 4-023-03. Unified Facilities Criteria (UFC). Design of Buildings to Resist Progressive Collapse. Department of Defense USA. 2005.
- [42]. Bozinovski Z., Sendova V., Gorgievska E. Raising the level of seismic protection of existing RC structures in seismically active regions. Construction of Unique Buildings and Structures. 2014. Vol. 7. Pp. 107-115.

Егармин К.А., Сысоев Г.Ю., Ватин Н.И., Врублевская М.В. Анализ работы рамных узлов одноэтажного стального каркаса в условиях высокой сейсмичности с использованием ПК "SCAD" // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №2(29). С. 34-44.

Egarmin K.A., Sysoev G.Yu., Vatin N.I., Vrublevskaia M.V. Analysis of stress in frame nodes of a single-storey steel framework in high seismic loads conditions with the use of SCAD software. Construction of Unique Buildings and Structures, 2015, 2(29), Pp. 34-44. (rus)