



УДК 004.942:624.074:624.042.7

**SEISMIC RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE FRAME IN ACCORDANCE WITH THE EXISTING CODE OF DIFFERENT COUNTRIES****СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ МОНОЛИТНОГО БЕЗРИГЕЛЬНОГО КАРКАСА В СООТВЕТСТВИИ С ДЕЙСТВУЮЩИМИ НОРМАТИВНЫМИ ДОКУМЕНТАМИ РАЗНЫХ СТРАН****Bezushko D.I. / Безушко Д.И.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-2215-1136

*Odessa National Maritime University, Odessa, Mechnikova 34, 65029**Одесский национальный морской университет, Одесса, ул. Мечникова 34, 65029***Ashutov S.S. / Ашутов С.С.***student / студент***Kalin A.N. / Калинин А.Н.***student / студент**Bendery Polytechnic Branch of the TSU named after T.G. Shevchenko,**Moldova, Bendery, Benderskogo Vosstania st. 7, MD-200**Бендерский политехнический филиал ПГУ им. Т.Г. Шевченко,**Молдавия, Бендерского восстания 7, МД-200*

**Аннотация.** При проектировании строительных конструкций, на фоне гармонизации российской, украинской и европейской нормативной базы строительного проектирования, инженеру необходимо сделать выбор по применению соответствующих норм. В работе представлен сравнительный анализ использования и применения основных положений нормативных документов по сейсмостойкому строительству разных стран применительно к монолитному железобетонному каркасу. В России документом, обязательным к применению, является СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах», в ПМР действует СНиП ПМР 22-03-2009 «Строительство в сейсмических районах», который разработан на основе СНиП II-7-81\* с изм. 1996г., в Европе – Еврокод по проектированию сейсмостойких конструкций EN 1998 «Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance» (в нескольких частях), на Украине действует ДБН В.1.1 – 14:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України».

**Ключевые слова:** железобетонные конструкции, сейсмическое воздействие, надежность.

**Вступление.**

Одним из основных факторов, приводящих к гибели людей и причинению огромного культурного и экономического ущерба при землетрясении, является отсутствие мероприятий, обеспечивающих адекватный уровень сейсмостойкости жилых зданий и сооружений. В последнее время теория сейсмостойкости и надежности бурно развивается, а ее основные принципы обсуждаются на конференциях и симпозиумах [9, 10]. При этом, согласно требованиям технической безопасности, инженер должен руководствоваться действующими нормативными документами, являющимися логическим продолжением статистической теории сейсмостойкости. Так в России документом, обязательным к применению, является СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах», в ПМР действует СНиП ПМР 22-03-



2009 «Строительство в сейсмических районах», который разработан на основе **СНиП II-7-81\*** с изм. 1996г., в Европе – Еврокод по проектированию сейсмостойких конструкций EN 1998 «Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance» (в нескольких частях), на Украине действует ДБН В.1.1 – 14:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України». В связи с этим выполнение сравнительного анализа применения различных норм с выявлением закономерностей и расхождений в расчетах является **актуальной задачей** на фоне гармонизации российской, украинской и европейской нормативной базы строительного проектирования.

Основная **цель** расчётных исследований заключается в следующем: выполнить сравнительный анализ влияния применения нормативных документов разных стран на характеристики напряжено-деформированного состояния железобетонного монолитного здания.

Для решения данной задачи необходимо:

- разработать КЭ-модель, соответствующую монолитному железобетонному зданию;

- выполнить серию расчётов КЭ-моделей с исходными характеристиками материала и различными вариантами задания сейсмической нагрузки в соответствии с СП 14.13330.2014 [6], СНиП ПМР 22-03-2009 (**СНиП II-7-81\*** с изм. 1996г.) [4], Eurocode 8 [8] и ДБН В.1.1 – 14:2014 [1].

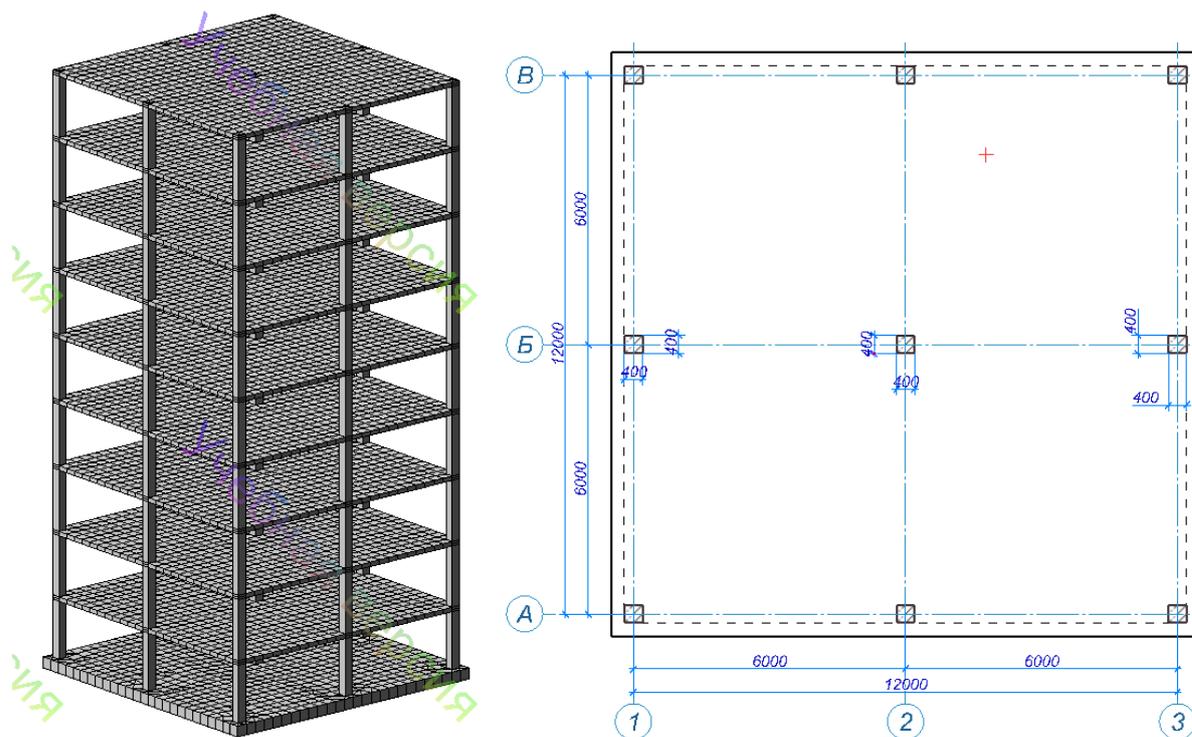
- выполнить сравнительный анализ результатов расчёта с определением интегральных характеристик: главной частоты (периода) собственных колебаний, перекосов этажей и теоретического армирования.

Численное моделирование статического и динамического поведения исследуемых моделей при сейсмическом воздействии производилось в программном комплексе LiraSAPR 2018.

#### **Исходные данные.**

Объект (Модель №1) девятиэтажное здание (рис.1) принимается для исследования качественного характера изменения частоты собственных колебаний. Основание принято жесткое без учета податливости грунта. По сейсмическим свойствам грунт относится ко второй категории. Сетка колонн 2x2 с пролетами 6м, высота этажа 3м. Несущие вертикальные конструкции представляют собой монолитные железобетонные колонны из бетона класса В25 и арматуры класса А400С [5], защитный слой 2 см. Толщина плит перекрытий и покрытия 200 мм из бетона класса В20 и арматуры класса А400С [5].

Тестовая Модель №1 принята симметричной с сейсмическим воздействием по двум направлениям в плане: 0° и 45°. Модель является потенциально простой и малозатратной с точки зрения вычислительных мощностей, времени расчёта и используется для выявления качественного тренда изменения частоты собственных колебаний. Модель является редуцированным аналогом существующих и проектируемых многоэтажных жилых зданий и отвечает требованиям концепции проектирования сейсмостойких зданий: регулярная и симметричная компоновка вертикальных несущих конструкций в плане обеспечивает равномерность нагружения и диссипацию энергии.



**Рис. 1. Компьютерная модель здания и план этажа**

Источник: авторская разработка.

В расчетную схему включены следующие типы элементов:

Тип 10. Универсальный пространственный стержневой КЭ.

Тип 42. Универсальный треугольный КЭ оболочки.

Тип 44. Универсальный четырехугольный КЭ оболочки.

Для оценки напряженно-деформированного состояния компьютерная модель рассчитана на нагрузки и воздействия представленные в (табл. 1).

**Таблица 1**

**Перечень нагрузок и воздействий**

№ п/п	Наименование нагрузки	Нормативное значение, (т/м <sup>2</sup> )
1	Собственный вес	Вычисляется автоматически
2	постоянное	0,3
3	Длительное	0,08
4	Кратковременное	0,15
5	Сеймика под углом 0° к оси X	В соответствии с вариантом расчёта
6	Сеймика под углом 45° к оси X	В соответствии с вариантом расчёта

Источник: авторская разработка.



Таблица 2

## Расчетные сочетания нагрузок

Загружение	Имя загрузки	К.Н	Длит.	1 основ.	2 основ.	Особ. (С)	Особ. (б С)
1	Собственный вес	1.1	1	1	1	0.9	0.9
2	Постоянные нагрузки на плиты	1.1	1	1	1	0.9	0.9
3	Длительные нагрузки на плиты	1.2	1	1	1	0.8	0.8
4	Кратковременные нагрузки на плиты	1.2	0.35	1	1	0.5	0.5
5	Сеймика 0	1	0	0	0	1	0
6	Сеймика 45	1	0	0	0	0	1

Источник: ПК LiraSAPR2018.

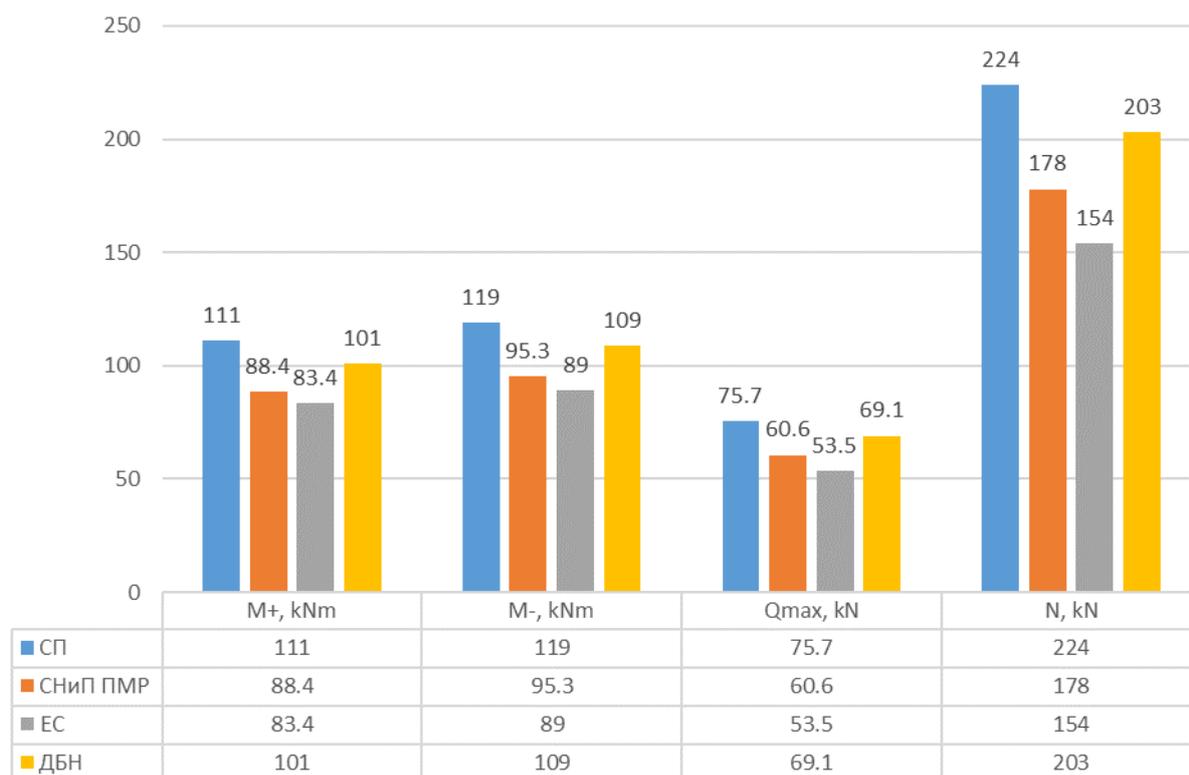
## Анализ результатов расчета

Результаты модального анализа по определению характеристик форм собственных колебаний для Модели №1 показал, что сумма модальных масс более 90% реализуется уже на пятой форме собственных колебаний, при этом первая и вторая формы реализуются с частотой 0.51Гц и периодом 1.97с.

На (рис.2) в виде гистограммы и в табличной форме даны максимальные значения усилий в стержневых элементах от загрузки №5 «Сеймика 0». На основе анализа полученных данных можно сделать вывод, что внутренние усилия принимают наибольшее значения при расчете по СП 14.13330.2014, а наименьшие значения при расчете по Eurocode 8. При этом средние отклонения значений от Eurocode 8 составили: для СП 14.13330.2014 - 38%, для СНиП ПМР 22-03-2009 – 10%, для ДБН В.1.1-12:2014 – 26%. Конечно анализ максимальных значений внутренних усилий не дает полной картины напряженно-деформированного состояния конструкций, но следует отметить основную тенденцию.

Наибольшее значение перекоса этажа: СП 14.13330.2014 - 0.0025, для СНиП ПМР 22-03-2009 – 0.00194, для Eurocode 8 – 0.0023, для ДБН В.1.1-12:2014 – 0.0023.

В результате расчета пространственной схемы в Лира САПР мы получили значение теоретического армирования, то есть минимальный объем арматуры который необходим для обеспечения надежности конструкций по первой и второй группе предельных состояний, в соответствии с [5]. Результаты представлены в (табл.3) и на (рис.3). Из полученных данных можно сделать вывод, что в следствии использования расчетных сочетаний нагрузок представленных в (табл.2) в соответствии с [2, 5] учет сейсмического воздействия приводит к незначительному увеличению теоретического армирования до 7%.



**Рис. 2. Максимальные усилия в стержневых элементах схемы для СП 14.13330.2014, СНиП ПМР 22-03-2009, Eurocode 8 и ДБН В.1.1-12:2014**  
 Источник: авторская разработка.

**Таблица 3**

**Теоретическое армирование Модель №1 при 7-ми балах, т**

Наименование	Не сейсмический район	СП 14.13330.2014	СНиП ПМР 22-03-2009	Eurocode 8	ДБН В.1.1-12:2014
колонн	1.052	1.211	1.126	1.043	1.164
плит	9.912	10.536	10.29	10.183	10.445
Всей	10.964	11.746	11.415	11.226	11.61
Увеличение армирования	0%	7%	4%	2%	6%

Источник: авторская разработка.

**Заключение и выводы.**

Было рассмотрено, напряженно-деформированного состояния объекта (Модель №1) (рис.1) при 7-и бальном сейсмическом воздействии в зависимости от применения разных нормативных документов СП14.13330.2014, СНиП ПМР 22-03-2009 (СНиП II-7-81\* с изм. 1996г.), Eurocode 8 и ДБН В.1.1 – 14:2014.

В результате расчета получено, что внутренние усилия принимают наибольшее значения при расчете по СП 14.13330.2014, а наименьшие значения при расчете по Eurocode 8. При этом средние отклонения значений от Eurocode 8 составили: для СП 14.13330.2014 - 38%, для СНиП ПМР 22-03-2009 – 10%, для ДБН В.1.1-12:2014 – 26%. Что в свою очередь, приводит к незначительному увеличению теоретического армирования до 7% в следствии



использования расчетных сочетаний усилий.

В дальнейшем следует выполнить серию численных экспериментов для определения влияния бальности площадки 8 баллов или наличия грунтов основания третьей категории по сейсмическим свойствам.

#### Литература:

1. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1 – 14:2014 / науковий керівник Ю.І. Немчинов. - [Чинні від 2014-10-01]. – К.: МінрегіонУкраїни, 2014. - VI, – 110 с. – (Будівельні норми України).
2. СНиП 2.01.07-85 \* Нагрузки и воздействия. – Москва : Стройиздат, 2005. – 55с.
3. СНиП II-7-81\*. Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования. – Москва : Стройиздат, 1982. – 48 с.
4. СНиП ПМР 22-03-2009 Строительство в сейсмических районах. – Тирасполь, 2009. – 38с.
5. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 [Текст]. – Москва, 2012. – 155 с.
6. СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81\* [Текст]. – Москва, 2014 – 125 с.
7. Методика оценки и сертификации инженерной безопасности зданий и сооружений [Текст] / МЧС России. – Москва, 2003. – 46 с.
8. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules seismic actions and rules for buildings. CEN. Ref. No. EN 1998-1: 2004: E. – 229 pp.
9. Freeman S. A., Irfanoglu A., Paret T.F. Earthquake Engineering Intensity Scale: A Template with Many Uses/ 13th World Conference on Earthquake Engineering. - Vancouver, B.C., Canada, August 1-6, 2004. Paper No. 1667. – 15 p.
10. Post-earthquake damage identification of tall building structures: experimental verification [Text] / W. Y. Liao [et al.] // The 14th World Conference on Earthquake Engineering. October 12-17, 2008, Beijing, China.

#### References:

1. Construction in seismic areas of Ukraine: DBN V.1.1 - 14: 2014 / scientific supervisor Yu.I. Nemchinov - [Effective from 2014-10-01]. - K. : MinregionUkraine, 2014. - VI, - 110 p. - (Construction norms of Ukraine).
2. SNiP 2.01.07-85 \* Loads and impacts. - Moscow: stroiizdat, 2005. - 55s.
3. SNiP II-7-81 \*. Construction in seismic areas. Design standards. - Moscow: stroiizdat, 1982. - 48 p.
4. СНиП ПМР 22-03-2009 Construction in seismic areas. - Tiraspol, 2009. - 38s.
5. SP 63.13330.2012. Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions. Updated edition of SNiP 52-01-2003 [Text]. - Moscow, 2012. - 155 p.
6. SP 14.13330.2014. Construction in seismic areas. Updated version of SNiP II-7-81 \* [Text]. - Moscow, 2014 - 125 p.
7. Methods of evaluation and certification of engineering safety of buildings and structures [Text] / EMERCOM of Russia. - Moscow, 2003. - 46 p.
8. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules seismic



actions and rules for buildings. CEN. Ref. No. EN 1998-1: 2004: E. – 229 pp.

9. Freeman S. A., Irfanoglu A., Paret T.F. Earthquake Engineering Intensity Scale: A Template with Many Uses/ 13th World Conference on Earthquake Engineering. - Vancouver, B.C., Canada, August 1-6, 2004. Paper No. 1667. – 15 p.

10. Post-earthquake damage identification of tall building structures: experimental verification [Text] / W. Y. Liao [et al.] // The 14th World Conference on Earthquake Engineering. October 12-17, 2008, Beijing, China.

**Abstract.** *The paper presents a comparative analysis of the use and application of the main provisions of regulatory documents on seismic resistant construction of different countries in relation to the monolithic reinforced concrete frame. In Russia, a mandatory document is the joint venture 14.13330.2014 "Construction in seismic areas"; in Transdnestria, SNiP PMR is working 22-03-2009 "Construction in seismic areas", which is developed on the basis of SNiP II-7-81 \* as measured by . 1996, in Europe - the Eurocode on the design of seismic resistant structures EN 1998 "Eurocode 8: in several parts), in Ukraine there is a DBN V.1.1 - 14: 2014" Budivnitstvo near seismic regions of Ukraine ". The change in the stress-strain state of the object (Model No. 1) (Fig. 1) with a 7-point seismic effect was considered, depending on the application of various regulatory documents SP14.13330.2014, SNiP TMR 22-03-2009 (SNiP II-7- 81 \* rev. 1996), Eurocode 8 and DBN B.1.1 - 14: 2014.*

*As a result of the calculation, it was obtained that the internal efforts take the highest values when calculating according to SP 14.13330.2014, and the lowest values when calculating according to Eurocode 8. At the same time, the average deviations of values from Eurocode 8 were: for SP 14.13330.2014 - 38%, for SNiP MST 22-03-2009 - 10%, for DBN V.1.1-12: 2014 - 26%. That, in turn, leads to a slight increase in theoretical reinforcement up to 7% due to the use of design combinations of efforts.*

**Key words:** *reinforced concrete structures, earthquake resistance, safety.*

Статья отправлена: 19.03.2019 г.

© Безушко Д.И.