

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ

ВИПУСК 76

Міжвідомчий
науково-технічний
збірник

**Будівництво
в сейсмічних
районах
України**

Збірник
наукових праць

Київ. ДП НДІБК. 2012

Севостьянов В.В., Миндель И.Г., Трифонов Б.А., Рогозин Н.А., Кауркин М.Д.	Актуализация карт сейсмического микро- районирования на объектах с высокой техногенной нагрузкой.....	180
Сенаторов В.Н., Дерюга С.Ю., Бобро Д.Г.	Проблемы сейсмоки в изданиях между- народной федерации бетона (<i>fib</i>).....	188
Стефанишин Д.М.	Методологія оцінки та врахування сейсмі- чного ризику при прийнятті рішень (імо- вірнісний підхід).....	199
Крутий Ю.С.	Собственные поперечные колебания кон- сольного стержня с переменными, непре- рывно распределенными параметрами.....	205
Симбиркин В.Н., Панасенко Ю.В.	Расчетное обоснование проектов про- странственных сооружений в сейсмичес- ких районах.....	215
Барабаш М.С., Максименко В.П., Филинский Л.В.	Анализ проблем безопасности строитель- ных объектов в районах высокой сей- смичности.....	222
Городецкий А.С., Гензерский Ю.В.	Некоторые аспекты расчета на сейсмиче- ские воздействия в программном ком- плексе ЛИРА-САПР.....	229
Марьенков Н.Г., Бабик К.Н., Панчик Е.В., Марьенков А.Н.	К расчету нелинейных колебаний зданий при воздействиях акселерограмм и оценке перекосов этажей.....	238
Трофимчук О.М., Берчун В.П., Глебчук Г.С., Калюх Ю.І., Калюх Т.Ю.	Вплив природних та техногенних землет- русів на ґрунти прихилкових масивів та їх системний аналіз.....	251

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В РАЙОНАХ ВЫСОКОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

Барабаш М.С.

Национальный авиационный университет

Максименко В.П.

Научно-исследовательский институт строительного производства

Филинский Л.В.

Проектный институт Службы безопасности Украины

г. Киев, Украина

АННОТАЦИЯ: В статье проанализированы аспекты обеспечения безопасности зданий – прочность, надежность и живучесть. На примере проектирования реального здания в условиях высокой сейсмичности рассмотрены методы повышения *живучести* и повышения резервов несущей способности каркаса. Предложен метод устройства фундаментов на демпферах большой несущей способности.

АНОТАЦІЯ: У статті проаналізовано аспекти забезпечення безпеки будівель, такі як - міцність, надійність і живучість. На прикладі проектування реальної будівлі в умовах високої сейсмічності розглянуті методи підвищення живучості та підвищення резервів несучої здатності каркаса. Запропонований метод влаштування фундаментів на демпферах великий несучої здатності.

ABSTRACT: The article analyzed the aspects of ensuring the buildings` safety – strength, reliability, durability. On example of real building designing in conditions of high seismicity are considered the methods of increasing durability and structure`s bearing capacity reserves. The method of foundations arrangement on alleviators of great bearing capacity is proposed.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: несущая способность, живучесть, прочность.

Проблема *безопасности* до недавнего времени не фиксировалась в нормативных документах по проектированию и эксплуатации зданий и сооружений. В данном направлении есть положительные сдвиги [1, 2, 3, 4]. Исследуя проблему *безопасности* зданий и сооружений, представляется

целесообразным рассматривать три аспекта этой проблемы - *прочность (устойчивость), надежность и живучесть* исследуемых объектов.

Исследование **прочности** сооружения заключается в определении напряженно-деформированного состояния (НДС) несущих конструкций, оценке *запаса прочности* при использовании соответствующих *критериев или теорий прочности*. При этом решаются краевые задачи, для которых существенное значение имеет построение расчетной модели объекта исследования и математической модели поведения материалов. Точное решение **краевых задач** удается получить лишь для немногих частных случаев.

Проблема **надежности** сооружения многопланова и может быть рассмотрена лишь в конкретных заданных условиях эксплуатации. В технической документации надежность определяется как сложное свойство системы и ее элементов выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого времени. Надежность характеризует совокупность свойств технической системы, таких как: *безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость*. Для различных объектов и различных условий эксплуатации эти свойства могут иметь различную относительную значимость. Теория надежности строительных конструкций, зданий и сооружений представляет собой весьма специфическую ветвь общей теории надежности. Ее развитие, с одной стороны, определяется рядом факторов, которые не играют существенной роли в задачах надежности других технических объектов, а с другой - многие подходы общей теории надежности имеют весьма ограниченное применение в строительной отрасли. Причин здесь несколько, например, различные масштабы сроков жизни объектов.

С теорией надежности тесно связано применение вероятностных (статистических) методов расчета, так как необходимо учитывать случайную природу множества факторов, влияющих на работу сооружения. Отдельными понятиями и подходами теории надежности при расчете конструкций на прочность инженеры пользовались давно. Введение *коэффициентов безопасности* или *нормативных коэффициентов запаса*, в соответствии с накопленным опытом проектирования в строительстве и эксплуатации зданий, явилось первой попыткой учесть *случайную природу возмущающих воздействий*.

Следует отметить важный аспект, отличающий понятие надежности от понятия безопасности. Анализируется сам факт достижения или не достижения аварийного отказа (например, обрушения) и вероятность такого события. В случае рассмотрения *проблемы безопасности в целом, предметом исследования становится и сама авария*.

Анализ аварий промышленных и гражданских зданий показывает, что во многих случаях процесс их разрушения носит лавинообразный характер, в случае, если отказ отдельных подсистем (даже неполный) вызывает возникновение более серьезных отказов и разрушений. Однако имеются многочисленные примеры систем, где *изолированные отказы отдельных конструктивных элементов не приводят к авариям*, что связано с некоторыми резервными возможностями, присущими сооружению в целом. Свойство системы сохранять несущую способность при выходе из строя одного или нескольких элементов естественно называть *живучестью*. Решение проблемы *живучести* сооружения связано с решением краевых задач механики разрушения, установлением *критериев разрушения* материалов конструкций при наличии дефектов (трещин). Известно, что накопление дефектов в конструкциях здания приводит к снижению обобщенной жесткости здания и перераспределению напряжений.

В настоящее время многие исследователи обращаются к *проблеме безопасности* зданий и сооружений и предлагают разные подходы к ее решению: с помощью конструктивных решений здания, способов воздействия на основание сооружения, позволяющих осуществлять регулирование текущего состояния сооружения и основания и более гибко приспосабливать их к изменяющимся условиям внешних воздействий с учетом реального физического состояния их конструкций. Расчеты несущей способности сооружений в большинстве случаев не могут ограничиваться определением напряженно-деформированного состояния и последующей критериальной оценкой состояния материала в «опасной точке». То, что обычно называют моментом разрушения, является не началом и не концом процесса, а соответствует переходу от стабильной стадии к нестабильной. Развитие научных основ анализа конструкций и сооружений в рамках представлений о разрушении как о результате потери устойчивости процессов неупругого деформирования предполагает использование моделей накопления повреждений и структурного разрушения, развитие численных методов решения нелинейных краевых задач, изучение основных закономерностей механического поведения, в частности, деформационного разупрочнения, способности поврежденных материалов воспринимать внешнюю нагрузку.

В экстремальных аварийных ситуациях наиболее важным свойством материалов становится «*живучесть*» - способность сохранять несущую способность (как правило, частичную) в условиях развития системы магистральных трещин. Вопрос, насколько опасным окажется разрушение данной конструкции, в практике прочностных расчетов, обычно, не рассматривается. Однако в определенных технических ситуациях именно живучесть, а не несущая способность и даже не надежность, является

главным эксплуатационным параметром. Осознавая опасность разрушения наиболее ответственных конструкций или их частей, при проектировании прибегают к требованию повышенного запаса прочности, что, обычно, ведет к увеличению материалоемкости конструкции. Принято считать, что увеличение запаса прочности, хотя и снижает экономичность, но повышает безопасность объекта. Это не всегда справедливо. В отдельных случаях увеличение запаса прочности, не обеспечивая стопроцентную надежность, существенно снижает живучесть и увеличивает катастрофичность возможного разрушения такой утяжеленной конструкции. Определяющее значение при этом может иметь запас упругой энергии в деформируемой системе к моменту потери ее несущей способности.

Вопросы анализа безопасности несущих конструкций строительных объектов связаны с разработкой системы оценок по целому комплексу показателей: по параметрам, влияющим на начало процесса разрушения, по параметрам резерва несущей способности, энергетической катастрофичности разрушения и др. Для этого требуется решение различного типа краевых задач механики деформируемого твердого тела задач с использованием полных диаграмм деформирования материала.

В данной статье на примере проектирования реального здания в условиях высокой сейсмичности (Ялта до 9-ти баллов по шкале EMS) рассмотрены методы повышения *живучести* и повышения резервов несущей способности каркаса санатория «Золотой пляж» в пгт. Ливадия. Рассмотрен вариант-1 без сейсмозащиты и вариант-2 при использовании демпферов большой несущей способности (допустимая вертикальная нагрузка на один демпфер от 70 до 150 тс) и плит перекрытий кессонного типа. На рис.1 приведена расчетная схема МКЭ каркаса 14-ти этажного здания по варианту-1 (122 сваи диаметром 62 см, фундаментная плита толщиной 1,6 м) и план фундаментной плиты с конфорсами.

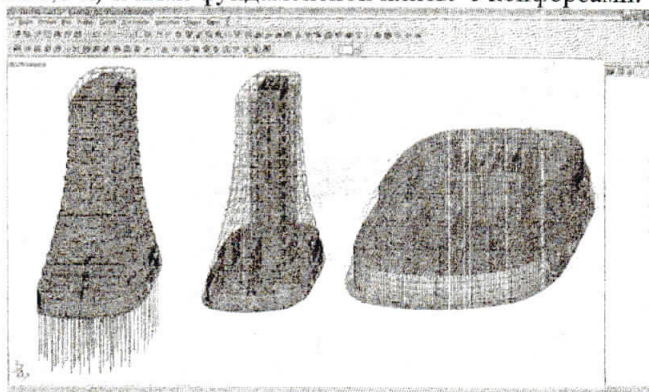


Рис. 1. Расчетная схема МКЭ каркаса.
Схема МКЭ фундаментной плиты с конфорсами

На рис. 2 представлена схема МКЭ секции №5-2, схема фундаментов на демпферах по варианту-2 расчета каркаса с резинометаллическими демпферами на сваях в количестве 70-ти штук, диаметром 62 см (длиной 13 м), фундаментной плите толщиной 1,2 м и кессонных плитах перекрытия с эффективной высотой 35 см (80+190+80 мм). При расчете каркаса с демпферами учитывалась реальная переменная жесткость защемления свай в грунте по их длине, неравномерная жесткость демпферов на сжатие и сдвиг учитывалась введением элементов конечной жесткости КЭ №56, под подошвой фундаментной плиты учитывалась жесткость гравийно-песчаной подготовки.

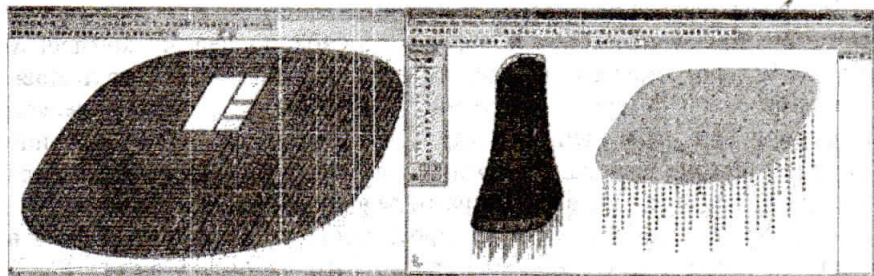


Рис. 2. Схема МКЭ каркаса, фундаментной плиты на демпферах и кессонной плиты перекрытия

Сейсмозащитное опорное оборудование для установки на грунт под фундамент включает соединенные между собой опору и демпфер. Принципиальная схема приведена на рис. 3.

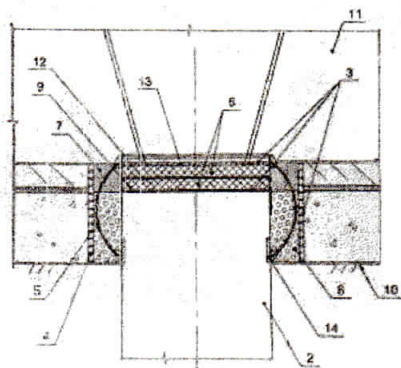


Рис. 3. Принципиальная схема установки демпфера на оголовки свай

Опора выполнена в виде свай-стойки, демпфер содержит выгнутые наружу от опоры равномерно распределенные гибкие стержни. Демпфер дополнительно содержит футляр, металлические - 12 и неметаллические прокладки - 6, упругий наполнитель и защитное кольцо. Футляр выполнен в виде тонкостенного пустотелого цилиндра с возможностью установки в грунт под фундамент.

При применении демпферов максимальные вертикальные усилия в сваях уменьшились с 322 тс (по варианту-1) до 187 тс (по варианту-2). При применении демпферных конструкций кроме повышения несущей способности здания, отмечается существенный экономический эффект, в табл. 1 приведены технико-экономические показатели по устройству фундаментов по приведенным двух вариантах. Так при конструктивной схеме с применением демпферных конструкций, есть возможность уменьшить класс бетона с В60 на В50, количество свай уменьшается с 122 до 70-ти, расход арматуры уменьшается как минимум на 25...30%.

Таблица 1

Технико-экономические показатели по монолитным железобетонным конструкциям санатория «Золотой пляж»

Наименование конструкций	Материал		Арматура рабочая		Материал		Арматура рабочая	
	Класс бетона	Общий объем, м ³	Ø, класс армат.	Общ. расход т	Класс бетона	Общ. объем м ³	Ø, класс армат.	Общ. расход т
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сваи, Ø62см l=13м	В30 кол.	478,3 122шт	Ø16, А500С	22,35	В30 кол.	274,4 70шт.	Ø16, Ø28 А400С	11,5 16,3
Плита ростверка, Собщ.=927,0 м ²	В30, толщ 1,6 м	1483,2	Ø25, А500С	73,2	В30, толщ, 1,2 м	1112,4	Ø20, А400С	46,9
Контрфорсы (δ=50 см)	В60	30,5	Ø25, А400С	2,80	В50	30,5	Ø16, А400С	1,15
Диафрагмы (δ=25см; 30см)	В60	771,2	Ø20, А500С	200,9	В50	771,2	Ø16, А400С	128,7
Пилоны наклонные bхh 35х50 см	В60	166,0	Ø25, А400С	37,2	В50	166,0	Ø22, А400С	28,8
Колонны bхh 50х50, 50х110 см	В60	162,0	Ø25, А400С	21,0	В50	162,0	Ø22 А400С	16,3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Балочная плита	Плита, толщ. 22 см	B60	334,8	Ø16 A500C	45,7	B50	334,8	Ø14, A400C	35,0
	Балки, 40x50см	B60	32,0	Ø25, A400C	7,9	B50	32,0	Ø22, A400C	6,2
Кесонная плита перекрытия	Плита, δ 2x75мм	B60	330,0	Ø12, A500C	57,9	B50	330,0	Ø10, A400C	40,3
	Балки, bхh 50x35см	B60	115,5	Ø25 A400C	26,0	B50	115,5	Ø22, A400C	20,2
	Ребра, bхh 14x35см	B60	167,6	Ø14 A500C	36,2	B50	167,6	Ø12, A400C	26,6
Балка обвязочная, bхh 35x50см	B60	173,5	Ø25, Ø20 A400C	17,3 16,6	B50	173,5	Ø16, A400C	17,8	
Всего на здание			4244,6		565,05		3669,9		395,75

ЛИТЕРАТУРА

1. Будівництво в сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12:2006. – [Чинний від 2007-01-02]. – К.: Мінбуд України, 2006. – 84 с.
2. Проектирование в сейсмоопасных районах. Основные положения. Общие правила, сейсмические мероприятия и правила относительно зданий: EN 1998-1. Єврокод 8, 2004.
3. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения. – М.: НИИЦ, 2005.
4. Проектування висотних житлових і громадських будинків. Мінрегіонбуд України: ДБН В.2.2-24:2009. – К., 2009.

Статья поступила в редакцию 10.04.2012 г.