УДК. 624

Проблемы научного сопровождения проектирования зданий повышенной этажности в городе Одесса.

Дорофеев В.С. д-р техн. наук, проф., Одесский национальный морской университет, г. Одесса, Украина,e-mail: dorvs@ukr.net

Егупов К.В. *д-р технических наук, проф., директор, НИИ фундаментальных и прикладных исследований Одесского национального морского университета, г. Одесса, Украина, e-mail: yegupov.k@gmail.com*

Мурашко А.В. канд. технических наук, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций Одесской государственной академии страительства и архитектуры., г. Одесса, Украина, e-mail: alexeymurashko@gmail.com

Сорока Н.Н. доцент, канд. техн. наук, ГП «Научно-исследовательский институт строительных конструкций», г. Киев, Украина, e-mail: soroka@ogasa.org.ua

АНОТАЦІЯ: В статті розглянуті проблеми які виникають при науковому супроводі проектування. Розглянуто питання створення та верифікації моделей будівель, сейсмічних впливів при проектуванні і експлуатації відповідальних споруд.

АННОТАЦИЯ: В статье рассмотрены проблемы которые возникают при научном сопровождении проектирования. Рассмотрены вопросы создания и верификации моделей зданий, сейсмических воздействий при проектировании и эксплуатации ответственных сооружений.

ABSTRACT: The problems that arise during the scientific support of design are considered in the article. The issues of creation and verification of building models, seismic influences in the design and operation of critical structures are considered.

Ключевые слова: модели зданий, сейсмические воздействия, научное сопровождение.

ВСТУПЛЕНИЕ

Анализ сильных землетрясений за последние 20 лет свидетельствует, что их география и трагические последствия имеют тенденцию к увеличению с каждым годом.

Особое внимание должно быть уделено объектам, находящимся в сейсмических зонах, и тем, что строятся в сложных геологических условиях.

Представление о том, что на Украине невозможны сильные землетрясения опровергается фактами. В юго-восточной части Украины в районе Мариуполя 7 августа 2016 произошло землетрясение с магнитудой около 4,5-4,7. По словам директора румынского Института физики Земли

Георге Мэрмуряну, грядущее землетрясение в Румынии, возможно, будет угрожать и югу Украины аналогично тому, как это произошло в 1802 году.

ПРОБЛЕМЫ НАУЧНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ

Одесская лаборатория сейсмостойкости более 12-ти лет занимается научно-техническим сопровождением проектирования зданий повышенной этажности в г. Одесса [10]. За это время были выявлены некоторые проблемы, имеющие место при проектировании зданий. Практически все проблемы в той, или иной степени связаны с нарушением действующих нормативных документов.

1. Встречаются ситуации, когда геологический разрез и характеристики грунтов основания приводятся не для площадки, на которой проектируется здание, а для площадки, расположенной «рядом» с рассматриваемой строительной площадкой. Учитывая сложность инженерно-геологических условий в г. Одесса [4], а также, наличие катакомб, такая экстраполяция ни к чему хорошему не приведет. Не выполняются испытания грунтов на горизонтальную нагрузку, не говоря уже о динамических испытаниях.

2. Не во всех случаях выполняется сейсморайонирование строительной площадки. И оправдывается это тем, что грунты основания имеют вторую категорию по сейсмическим свойствам. Между тем, здания. имеющие свыше 20-ти этажей, как правило, относятся к классу ответственности СС3, для которых обязательным является расчет с использованием реальных акселерограмм землетрясения для данной площадки [3]. А получить такие акселерограммы можно только при проведении сейсморайонирования строительной площадки.

3. При испытании грунтов сваями практически никогда не выполняется требование п. 8.5.5.15 ДБН В.2.1-10-2009 [2] про обязательные испытания грунтов с длительным замачиванием основания. Проектировщики ограничиваются мероприятиями по установке дренажа для отвода грунтовых вод и необходимости поддержки коммуникаций в исправном состоянии для предотвращения замачивания грунтов основания. Такие мероприятия, конечно же, необходимы, но, как показывает практика, раньше или позже уровень грунтовых вод все равно повышается и это приводит к незапланированным осадкам здания. И хорошо, если осадки будут равномерными.

4. Для свайных фундаментов, в целях экономии бетона, используются ленточные ростверки, не обеспечивающие достаточную жесткость. При этом имеется большая вероятность неравномерной осадки здания.

5. В большинстве случаев заказ на научное сопровождение

проектирования поступает после того, как построено несколько этажей здания. При этом Заказчик имеет большую вероятность потерять 1-2 этажа из-за недостаточного количества свай, или из-за недостаточности сечений несущих элементов (арматуры) на нижних этажах.

6. При строительстве в старой части г. Одесса с целью визуального скрытия большей этажности по отношению к существующей застройке проектируются здания с перепадом высот больше, чем допускается нормами. Пример такого здания представлен на рис. 2.

7. Продолжается строительство жилых зданий с применением туннельной опалубки. Конечно это очень технологичное решение, но при этом либо проектируется одна внутренняя продольная стена (рис. 3), либо две внутренние продольные стены, которые располагаются на расстоянии 1.5-2м (рис. 1). В первом случае не выполняется п. 7.7.2 ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України» [1] о наличии не менее двух продольных стен. При этом первая собственная форма колебаний является крутильной, что противоречит п. 5.2.5 ДБН В.1.1-12:2014 – «конфігурацію будівлі і розташування вертикальних несучих елементів приймати такими, щоб перші дві форми власних коливань були поступальними (не крутильними)». Формирование двух ядер жесткости по торцам здания приводит к тому, что первая собственная форма колебаний становится поступательной, а вторая – крутильной.

Во втором случае, когда запроектированы две близко расположенные продольные стены (рис. 1), формально п. 7.7.2 ДБН В.1.1-12:2014 – выполняется. Но малое расстояние между продольными стенами приводит к тому, что первая собственная форма колебаний здания является поступательной, а вторая и третья формы – крутильные, что противоречит п. 5.2.5 ДБН В.1.1-12:2014.

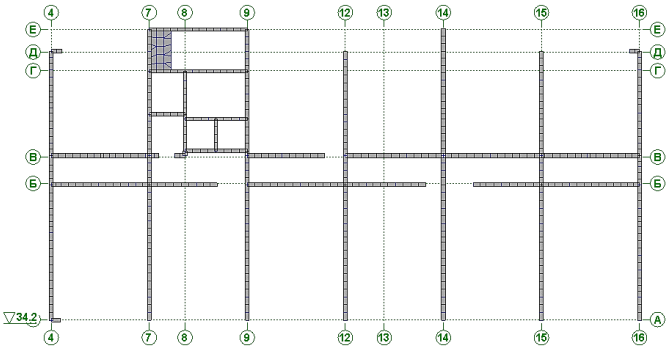

Рис. 1 – Схема с двумя близко расположенными продольными стенами

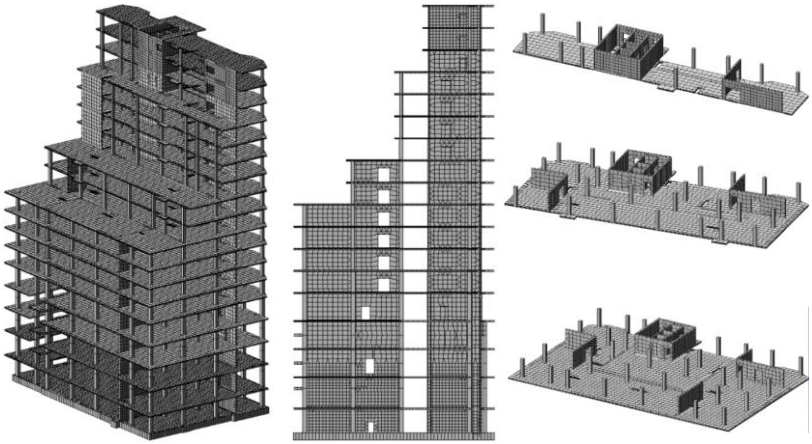

Рис. 2 – Здание с перепадом высот, превышающих нормы.

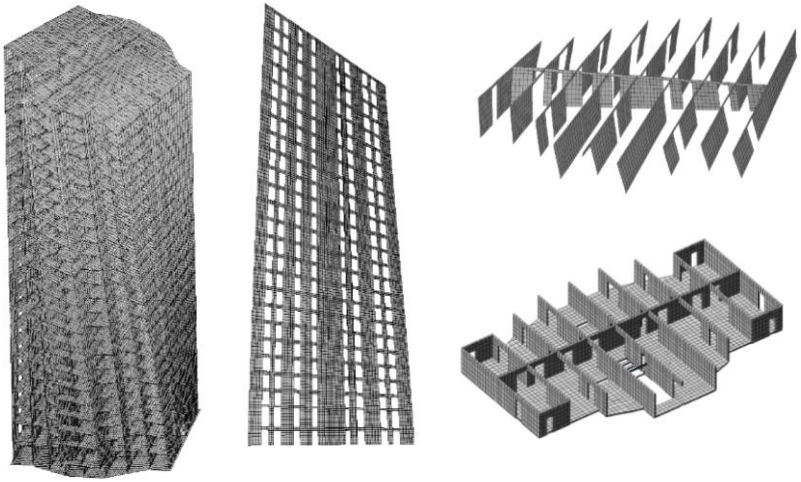

Рис. 3 – Здание с одной продольной стеной

Если по краям здания образовать ядра жесткости (рис. 4), то первая форма собственных колебаний – поступательная, вторая – поступательная с небольшим закручиванием и только третья форма собственных колебаний – крутильная.

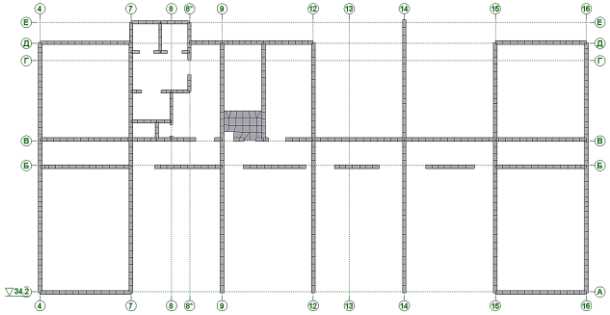

Рис. 4 – Схема с ядрами жесткости по краям здания.

8. Еще одной проблемой является стремление Заказчика во что бы не стало повысить этажность жилого дома. Часто это желание появляется уже в процессе строительства, после того, как все расчеты закончены и дом находится в стадии строительства [5,6,7]. Если фундамент был выполнен с запасом и пересчет здания с увеличенным количеством этажей показывает, что он не нуждается в усилении, в принципе, есть возможность повысить этажность. Но, поскольку нижние этажи уже построены, то неучтенная дополнительная нагрузка от достраиваемых этажей требует усиления несущих конструкций нижних этажей, что не всегда выполняется качественно.

9. В условиях возросшей конкуренции на строительном рынке все чаще можно встретить так называемое проектирование «на грани», когда в целях оптимизации ресурсов принимаются проектные решения, находящиеся на уровне минимума нормативных требований. Одним из наиболее часто встречающихся случаев является проектирование зданий сложной формы в плане, что чаще всего обусловлено формой участка строительства (рис. 5). В случае проектирования подобных зданий вопрос обеспечения упомянутого выше требования ДБН о некрутильных первых двух форм становится первостепенным. Чаще всего решение обеспечения этого требования достигается за счет филигранной работы с расчетной моделью с поэтапным подбором конфигурации, когда уход от кручения достигается за счет изменения поперечного сечения отдельных вертикальных несущих элементов и изменения длин отдельных диафрагм до нескольких десятков сантиметров. При таких решениях периоды крутильных и некрутильных форм собственных колебаний весьма близки

и их величины могут отличаться всего на несколько процентов. В таком случае полностью упускается понимание того, что расчетная модель в процессе строительства непременно получит модификации, связанные с особенностями технологии, дополнительными проемами, неравномерностью распеределения нагрузок на перекрытие и т.п., которые в конечном счете вернут кручение на первые формы колебаний [9].

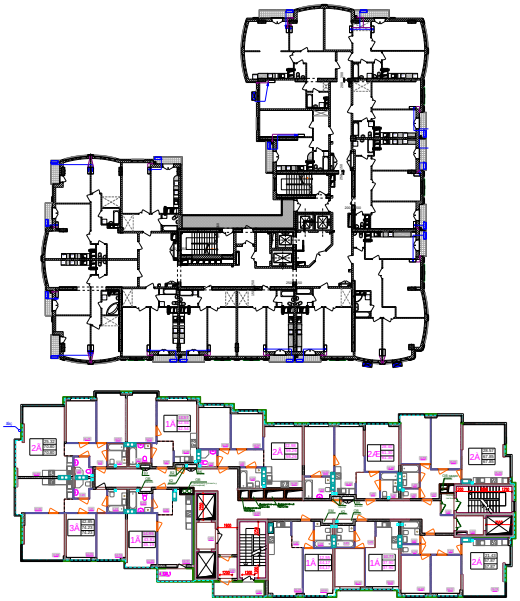

Рис. 5 – Примеры несимметричных форм зданий

10. С целью уменьшения сейсмической опасности, при определении категории грунтов по сейсмическим свойствам искусственно уменьшают толщину слоя слабых грунтов. Нарушая требования норм, определение толщи грунтов третьей категории выполняют не от нулевой отметки, а от уровня подошвы предполагаемого котлована рис. 6.

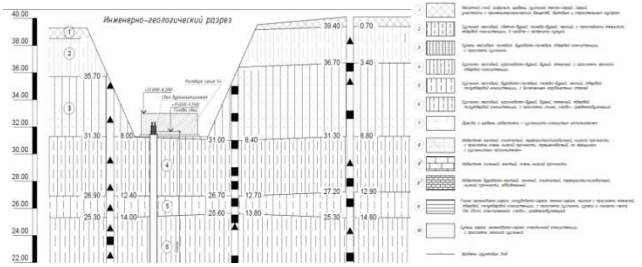

Рис. 6 – Инженерно-геологический разрез.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Изучение распределения по территории Украины интенсивности сейсмических проявлений при различных землетрясениях позволило составить для неё карты общего сейсмического районирования (ОСР-2004), которые являются неотъемлемой составной частью Государственных строительных норм [8].

Показанная на картах ОСР интенсивность сейсмических воздействий относится к грунтам II-й категории по сейсмическим свойствам. В то же время, реальные строительные площадки могут подстилаться грунтами других категорий. Локальные грунтовые условия способны существенно ослабить, или усилить расчетную сейсмическую интенсивность строительных площадок. Учет влияния локальных грунтовых условий осуществляется с помощью сейсмического микрорайонированию (СМР) строительных площадок.

Эти работы призваны не только определить значение приращения бальности ΔI за счет влияния грунтовых условий на площадке. Важность получения указанных данных определяется возможностью существенного удешевления сейсмостойкого строительства за счет оптимального выбора конструктивных решений, позволяющих избежать совпадения преобладающих частот, соответствующих пиковым ускорениям в сейсмических волнах, резонансных частот подстилающей грунтовой толщи и собственных частот проектируемого здания (сооружения).

В условиях Одесского региона используется комплекс работ по СМР строительных площадок, включающий методы инженерно-геологических аналогий, сейсмических жесткостей и регистрации микросейсм. Каждый из этих методов позволяет получить оценку сейсмической интенсивности площадки в баллах. Для представительного расчета синтетических акселерограмм, моделирующих сейсмическое воздействие на здание, используется информация по всем трем методам.

Требования безопасности и стремление к удешевлению строительства создает проблему, которая выдвигается на первый план в связи с высокими темпами роста строительства зданий и сооружений. В современных городах, где резко увеличивается техногенная нагрузка на строительные объекты, достоверная информация о величине уязвимости сооружений и уровне сейсмической опасности является необходимым условием устойчивого развития.

Влияние учета свайного фундамента на периоды собственных колебаний здания представлено на рис. 7.

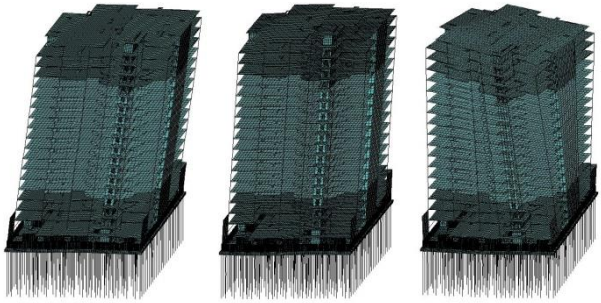

Рис. 7 – Собственные формы колебаний здания со сваями.
T1=3,62с; T2=2,72с; T3=1,89с.

Город Одесса является очень привлекательным местом для инвестиций в строительную индустрию, особенно районы, непосредственно прилегающие к морю. С учетом достаточно высокой стоимости земельных участков заказчики строительства стараются максимально их использовать, увеличивая этажность возводимых зданий. Однако здесь имеется ряд факторов, усложняющих проектирование и строительство зданий повышенной этажности [4]. К таким факторам относятся: близко расположенные разломы, сейсмическая опасность, неблагоприятные геологические условия (в т.ч. грунты III – IV категории по сейсмическим свойствам), подземные выработки (катакомбы), оползневые склоны, наличие высокого уровня грунтовых вод (подтопление территории).

Грунты III – IV категории по сейсмическим свойствам имеют существенные нелинейные свойства, которые будут проявляться по-разному, в зависимости от интенсивности и частотного состава сейсмического воздействия. Нелинейное поведение грунта приводит к изменению, иногда очень существенному, форм и спектров сейсмических волн в слоях грунта. Резонансные частоты грунтов оказываются зависящими от интенсивности воздействия и, при достаточно интенсивных землетрясениях, могут отличаться от значений, определяемых по записям сейсмического шума или слабых событий. При интенсивных сейсмических воздействиях изменяются реологические свойства грунтов, что может быть связано, например, с перемещением грунтовых вод, разрывом структурных связей между частицами грунта и другими явлениями. На рис. 8. представлены амплитудно-частотные характеристики сейсмогеологических моделей грунтовых сред построенных для ряда строительных площадок в г. Одессе с использованием программного продукта ProShake. В расчетах учитывались нелинейные свойства грунтов

на исследуемых площадках.

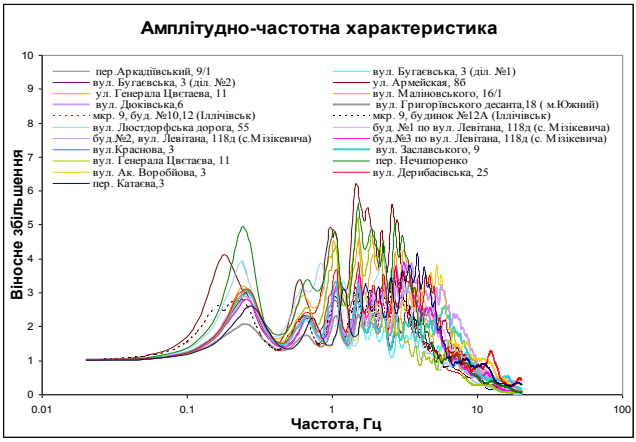

Рис. 8 – Амплитудно - частотные характеристики площадок в г.Одесса.

Из рис. 8 видно, что грунтовые условия большинства строительных площадок Одессы характеризуются широким частотным диапазоном возможного резонансного усиления [10]. Следовательно, при сейсмостойком проектировании зданий и сооружений в Одессе необходимо проводить детальные исследования резонансных свойств грунтов, независимо от их этажности и сложности конструкции, так как собственные частоты колебаний, как одноэтажных, так и высотных зданий, как правило, лежат в частотном диапазоне, в котором наблюдаются максимумы усиления колебаний грунтами (рис. 8).

ВЫВОДЫ

1. Анализ отечественных и зарубежных источников показал, что существующие практически реализуемые модели и методы расчета каркасных зданий и сооружений не в полной мере объясняют характерные повреждения, при сейсмических воздействиях.

2. Сейсмостойкость зданий в значительной мере зависит от их конфигурации, расположения и типа конструктивных элементов. Информация, имеющаяся в этой области исследований, носит эмпирический характер. Учет пространственной работы сооружений и конечной скорости прохождения сейсмических волн под ними в условиях реального сейсмического воздействия требует дополнительных исследований.

3.Выполненное моделирование сейсмических воздействий и

проведенные численные эксперименты позволили установить значительное влияние волновых процессов в грунтах на реакцию здания (сооружения) как единой пространственной системы.

4. При определении категории грунтов по сейсмическим свойствам искусственно уменьшают толщину слоя слабых грунтов. Нарушая требования норм, определение толщи грунтов третьей категории выполняют не от нулевой отметки, а от уровня подошвы предполагаемого котлована.

5.Сейсмические нагрузки для пространственных форм колебаний (кручение, деформирование в плане) могут превышать нагрузки для плоской рамы. Этот эффект зависит от длины здания и скорости распространения сейсмических волн. Определены длины зданий, соответствующие минимуму сейсмических нагрузок. Установлено, что для некоторых длин сейсмических волн в определенные моменты времени проявляются резонансные эффекты, обусловленные влиянием местных грунтово-геологических условий.

6. При проектировании ответственных сооружений в сложных инженерно-геологических условиях необходимо учитывать целый ряд факторов и требований, соблюдение которых позволит обеспечить эффективную работу, надежность и долговечность конструкций.

7. На основании анализа результатов изысканий и требований действующих нормативных документов следует назначить расчетные параметры природных, в том числе сейсмических воздействий на проектируемые сооружения с учетом их срока службы.

8. Применение новых конструктивных решений требует проведения соответствующих экспериментальных исследований, в том числе в натурных и лабораторных условиях.

9. Требует дальнейших исследований и такое перспективное направление как применение сейсмоизоляции для возведения сейсмостойких зданий.

10. Формальное отношение к обеспечению требований ДБН о некрутильных первых двух формах колебаний на стадии расчета при реализации проекта может привести к появлению кручения на этих формах колебаний на возведенном объекте

11. Практически все выявленные в процессе научного сопровождения проблемы связаны с несоблюдением проектировщиками и строителями действующих норм проектирования. И решение в этом случае достаточно простое – ужесточить со стороны контролирующих органов требования к обязательному соблюдению норм проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.1-12: 2014. Строительство в сейсмических районах Украины.- К.: Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины, 2014.- 107 с.
2. ДБН А . 2 . 1-1-2014. Инженерные изыскания для строительства К.: Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины, 2014.
3. ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 Определение класса последствий (Ответственности) и категории сложности объектов строительства К.: Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины, 2013
4. .Кендзера А.В. Реализация требований ДБН В.1.1-12:2006 относительно параметров сейсмических воздействий для сейсмостойкого проектирования в г. Одессе / А.В. Кендзера, С.Т. Вербицкий, Ю.Т. Вербицкий, О.Т. Вербицкая, В.К. Егупов, К.В. Егупов, С.П. Ковальчук, Р.И. Прокопец // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Будівельні конструкції.- К.:НДІБК.- 2008.- вып.69.-С. 45-55
5. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость зданий и сооружений / Немчинов Ю.И. // В двух частях. - Киев.: 2008. – 480с.
6. Проектирование зданий с заданным уровнем обеспечения сейсмостойкости / [Ю. И. Немчинов , Н. Г. Марьенков, А. К. Хавкин, К. Н. Бабик. Под ред. Немчинова Ю. И.]. –К.: 2012.-384 с.
7. .Немчинов Ю.І., Хавкін О.К., Мар’єнков М.Г., Жарко Л.О., Дунін В.А., Бабік К.М., Єгупов К.В., Кендзера О.В., Єгупов В.К., Булат А.Ф., Дирда В.І., Лисиця М.І. Практичні питання динаміки будівель // Науково-виробничий журнал Будівництво України. - №6. - 2013. – С.6-21.
8. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Пустовитенко А.А. Новые карты сейсмического районирования территории Украины. Особенности модели сейсмической опасности // Геофиз. журн. – 2006. – 28, № 3. – С. 54 – 77.
9. Philippe Gueguen, Maria Rosaria Gallipoli, Manuel Navarro etc. TESTING BUILDINGS USING AMBIENT VIBRATIONS FOR EARTHQUAKE ENGINEERING: A EUROPEAN REVIEW. Second european conference on eartquake engineering and seismology, istanbul aug. 25-29, 2014
10. Дорофеев В.С. ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК И ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОБЪЕКТЫ ПОВЫШЕНОГО КЛАССА ОТВЕТСТЕННОСТИ [Егупов К.В., Егупов В.К., Кендзера А.В., Немчинов Ю.И., Семенова Ю.В., Сорока Н.Н.]/ Наука та Будівництво 4{14} 2017 с11-20.