

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента

на диссертацию **ИВАНОВА Андрея Юрьевича**

### **«ОПТИМИЗАЦИЯ СЕЙСМОСТОЙКИХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ»**,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика.

#### ***Актуальность темы диссертации***

Задачи оптимизации инвестиций является одной из основных в современной экономике. К числу этих задач относится и оптимизация инвестиций в сейсмостойкое строительство. В рассматриваемой работе предлагаются основы такой оптимизации с позиций строительной механики. Актуальность темы диссертации не вызывает сомнений.

#### ***Новизна научных положений, выводов и рекомендаций***

Основным научным достижением диссертанта, характеризующимся новизной, является предложенный в работе подход построения функции уязвимости методами строительной механики.

Новым является оптимизация конструкции по коэффициенту пластичности.

#### ***Практическая значимость работы***

Методика диссертанта позволяет проводить оценочные расчеты сейсмического риска для широкого класса строительных объектов. Это крайне важно для задач страхования и разработки мероприятий по снижению негативных последствий землетрясений. Кроме того, предлагаемые решения могут существенно упростить задачи сбора информации об ущербах от землетрясений, на которые страховые фирмы затрачивают огромные средства.

#### ***Оценка содержания диссертации, ее завершенность***

Диссертация состоит из введения, шести глав, основных результатов, заключения, списка литературы (154 наименования), содержит 175 страниц текста, включая 68 рисунков и 22 таблицы.

Диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу.

#### Общее впечатление о работе

Рассматривая рецензируемую работу в целом, можно отметить, что она содержит две части: строительномеханическую и экономическую. Сопоставляя диссертационную работу с аналогичными работами за рубежом, в частности работами, выполненными для известной американской системы оценки рисков HAZUS и исследованиями зарубежных страховых фирм, следует отметить, что рассматриваемая работа существенно превосходит известные работы в части обоснования уязвимости с позиций строительной механики и существенно уступает им с экономических позиций. Учитывая специальность, по которой защищается соискатель, пробелы в части экономики представляются допустимыми, но вызывают замечания.

В первой главе приведен обзор литературы, который разделен на два раздела: «Анализ существующих методов оптимизации сейсмостойких проектов» и «Способы повышения сейсмостойкости зданий и сооружений».

Первый раздел обзора содержит, по существу, две части: чисто экономическую и механическую. При этом перед автором стояла большая проблема. Он начал с основополагающих работ лауреата Нобелевской премии по экономике академик Л.Н. Канторовича. В СССР этим исследованиям уделялось большое внимание. Однако с конца 70-х годов прошлого века основные разработки переместились за рубеж и проводились страховыми фирмами и в рамках больших государственных программ Европы и США. За 40 лет там выполнены сотни важных исследований. В первых работах Л.Н. Канторовича оптимизировался экономический ущерб за срок службы сооружения. К настоящему времени рассмотрены задачи оптимизации инвестиций за ближайшие 5-7 лет, оптимизации экономических и социальных потерь, оптимизации с учетом поэтапных инвестиций, оптимизации с условиями страхования и перестрахования, оптимизации с учетом дисперсии возможного ущерба, оптимизации с учетом трудовой и потребительской стоимости строительства и т.д. Затронуть хотя бы

часть этих работ достаточно сложно. Здесь диссертант воспользовался принципом «Лучший способ достичь желаемого – пренебречь». Возможно это не лучший, но, в данном случае, не худший выход из положения. Учитывая специальность диссертации, автор выделил в обзоре именно необходимые ему работы, связывающие функцию уязвимости с предельными состояниями сооружения.

Второй раздел обзора описывает методы специальной сейсмоизоляции и, на мой взгляд, может быть опущен без ущерба для работы.

В заключении обзорной части поставлена цель исследования, которая идеально соответствует состоянию вопроса и содержанию диссертации:

Выводы по первой главе сформулированы хорошо. Из них следует цель и метод исследования.

Вторая глава посвящена постановке задачи оптимизации, т.е. описанию целевой функции и параметров оптимизации.

Что касается целевой функции, в экономике математическое ожидание ущерба (сейсмический риск) давно не используется. Об этом будет сказано ниже. А вот для иллюстрации подходов автора к задаче минимизации простая целевая функция очень удобна. Безусловным достижением диссертанта является выбор коэффициента предельных состояний (коэффициента редукции) в качестве параметра оптимизации. Это решение представляется новым и весьма перспективным.

В третьей главе рассмотрена задача учета нелинейной работы сооружения при построении функции уязвимости. Центральным здесь является нелинейный расчет сейсмостойкости сооружения и установление двух важных точек нагружения: предела упругости и точки превращения системы в механизм. Вся экономическая часть сводится к тому, что первой точке ставится в соответствие начало накопление повреждений, т.е. нулевые повреждения, а второй точке – полная потеря сооружения, т.е. повреждаемость, равная 1. Через эти две точки проводится прямая, которая и рассматривается в качестве функции уязвимости. Несмотря на примитивность подхода, он позволил автору решать задачи оценки сейсмического риска.

Четвертая глава посвящена рассмотрению вопроса построения кривой нагружения здания, которая используется для построения функции уязвимости. В качестве элемента новизны здесь можно рассматривать определение разрушающего горизонтального смещения, при котором колонны перестают воспринимать вертикальную нагрузку.

Пятая глава посвящена прогнозу и заданию сейсмических воздействий, а также некоторым примерам оценки оптимальных решений. Надо сказать, что диссертант влезает здесь в непрофильные области инженерной сейсмологии и экономики. Отметим, что выбор повторяемости событий (сотрясаемости в терминах теории риска) решен в работе вполне корректно, однако этого можно было и не делать. Карты сейсмической сотрясаемости имеются в приложении к книге «Сейсмическая сотрясаемость территории СССР». Что касается примеров, то это скорее иллюстрация применения методов нелинейного расчета, разработанных диссертантом к построению функции уязвимости. Собственно, задача оптимизации инвестиций рассматривается и решается экономистами, как задача динамического программирования. (Сергин К.С. Оптимизация инвестиций при антисейсмическом усилении нескольких объектов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб.: ПГУПС, 2009. – № 4(21). С. 175–185. – 0,45 п.л.; Богданова М.А., Болтенкова А.А., Сигидов В.В., Уздин А.М., Чернов В.П. Применение теории сейсмического риска к задачам оптимизации. Современная экономика: проблемы и решения. Издательство: Воронежский государственный университет (Воронеж) ISSN: 2078-9017 Номер: 2 (98) Год: 2018 Стр: 8-1). Что касается оценки ущерба для группы зданий, этот вопрос серьезно рассматривается экономистами при страховании городов и поселков (Богданова А.М., Ильясов Б.И., Рахманова М. Оценка сейсмического риска для района г. Ашхабада. Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2013, №6, с. 42-45 Акбиев Р.Т., Астафьева А.В., Уздин А.М. О функции плотности распределения ущерба для жилой застройки при землетрясениях. Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2018. №3 (41). с. 36-39).

Шестая глава диссертации содержит примеры использования методов диссертанта к оценке рисков. Оптимизации в классическом понимании тут конечно нет, но сопоставление вариантов на основе разработанных методов оценки ущерба безусловно присутствует.

***Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации***

Степень достоверности полученных результатов определяется корректным применением современного аппарата строительной механики и сопоставлением результатов расчета с данными о последствиях прошлых землетрясений. Результаты выполненных расчетов согласуются с данными других исследователей, занимавшихся обоснованием инвестирования в сейсмостойкое строительство.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций не вызывает сомнений.

Автором сформулировано 5 основных результатов и выводов. Выводы, сформулированные автором, достаточно полно отражают основные результаты выполненной работы.

1. Первый вывод утверждает, что в работе предложен оптимизационный алгоритм, дающий количественную оценку целесообразности выбора одного из нескольких вариантов сейсмоусиления здания по экономическому критерию. В выводе меня смущает слово оптимизационный. Автор просто сравнивает несколько вариантов. Если рассматривать оптимизацию, как выбор из некоторого набора имеющихся, то возражений нет.

2. Предложена методика определения конструктивного ущерба в зданиях и сооружениях при землетрясениях расчетным способом, основанным на использовании нелинейных методов строительной механики. Этот вывод констатирующий. Он соответствует действительности и представляет основное и важное достижение диссертанта.

3. Разработана методика оценки несущей способности и податливости здания при действии возрастающей горизонтальной нагрузки. С помощью данной

методики можно сделать вывод о способности здания выдерживать землетрясение определённой силы, позволяя при этом количественно оценивать причиняемый ущерб. Данная методика подразумевает построение кривой несущей способности здания. Этот вывод, также констатирующий, и соответствует выполненным исследованиям.

4. Предложена методика вероятностной оценки количества землетрясений различной интенсивности за жизненный цикл здания. Такая методика действительно предложена, но она известна в инженерной сейсмологии

5. С помощью предложенного алгоритма оптимизации на конкретных примерах произведён инженерно-экономический анализ различных способов сейсмоусиления, проанализировано изменение экономического эффекта, получаемого от того или иного антисейсмического мероприятия. Вывод не вызывает возражений с учетом оговорки к первому выводу.

В заключении автор приводит весьма важную фразу, которую не пронумеровал, как вывод. Он отмечает, что ущербы, полученные расчётным путём, удовлетворительно согласуются со статистическими данными об ущербе, вызванном прошедшими землетрясениями в зданиях такого же типа. Следовательно, предложенный метод оптимизации сейсмостойких конструктивных решений может применяться для проведения инженерно-экономического анализа как типовых, так и нетиповых зданий на начальном этапе их проектирования.

#### ***По работе необходимо высказать ряд замечаний***

1. В качестве целевой функции автор рассматривает математическое ожидание расходов или прибыли за срок службы сооружения. В современной экономике даже для сооружений с экономическим риском этот критерий не используется по многим причинам. Например, в США собственник рассматривает показатель прибыли за ближайшие 5-7 лет. В экономической практике, например, при страховании, более важным может стать не математическое ожидание ущерба,

а его дисперсия. На рис.1 приведены два варианта распределения убытков. Не факт, что лучше вариант с наименьшим убытком.

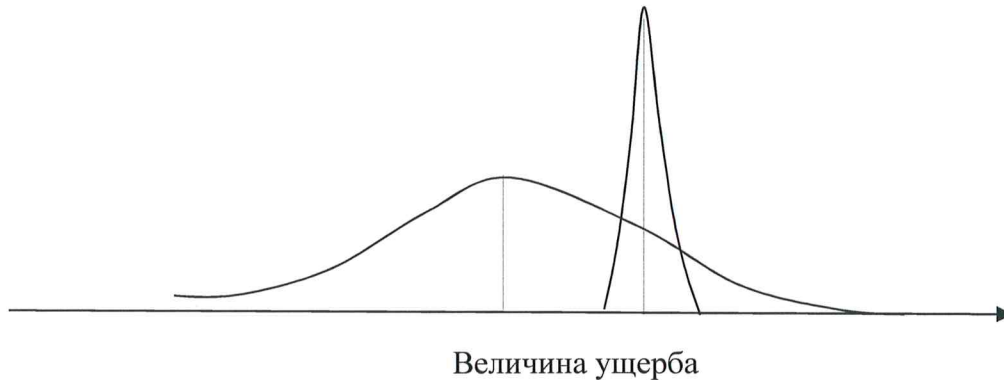


Рисунок 1

Выбор более современных целевых функций никак не влияет на строительно-механическую часть исследований, которая в полной мере может применяться во всех вариантах целевых функций. Но это следовало бы оговорить в работе.

2. Задача оптимизации поставлена автором в простейшей форме «из различных вариантов проектов конструкции, удовлетворяющих определенным требованиям, нужно выбрать вариант наименьшей стоимости». В экономике широко применяются значительно более полные задачи оптимизации, например, задача вложения ограниченных средств в антисейсмическое усиление группы зданий или оценка страхового покрытия сейсмостойкого строительства. Подход автора целесообразно применять во всех подобных задачах. Из диссертации это не следует.

3. В литературе и экономической практике широко применяются статистически обоснованные функции уязвимости. Они имеют стандартный вид функции распределения. Мне представляется правильнее нанести полученные автором точки начала и конца накопления повреждений на эти кривые, как показано на рисунке 2. Было бы интересно проанализировать этот вопрос.

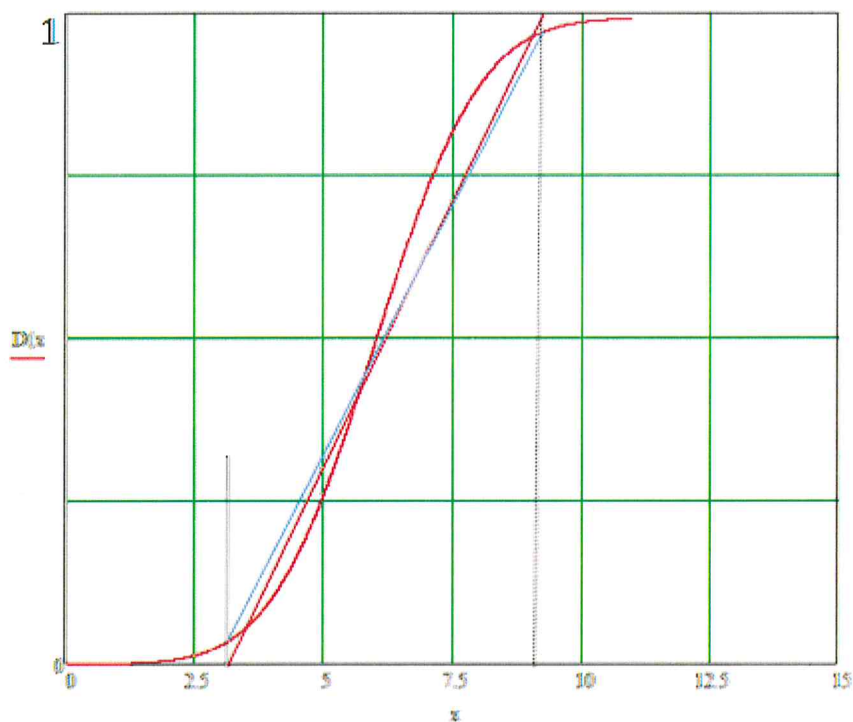


Рисунок 2

Сделанные замечания не сказываются на общей положительной оценке диссертационной работы. Они касаются экономической части работы и ни в коей мере не умаляют ее строительно-механическую часть.

***Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением ВАК***

Диссертация Иванова Андрея Юрьевича «Оптимизация сейсмостойких конструктивных решений», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук выполнена на высоком научном уровне и содержит важные для практики результаты. Она является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны строительно-механические основы оценки ущерба зданий и сооружений при сейсмических воздействиях, имеющие большое значение для обоснования инвестирования и страхования в сейсмостойком строительстве.


Результаты работы соответствуют пунктам 1, 2 и 7 паспорта специальности 05.23.17 – Строительная механика»: (технические науки).



Представленная диссертационная работа соответствует критериям, установленным в "Положении о порядке присуждения ученых степеней", утвержденном Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, а ее автор, Иванов Андрей Юрьевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности по специальности 05.23.17. – Строительная механика

Согласен на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Иванова Андрея Юрьевича и дальнейшую их обработку.

Официальный оппонент  
 профессор кафедры "Механика и прочность материалов и конструкций" ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I"  
 доктор технических наук, профессор



Александр Моисеевич Уздин

«15» января 2021 г.

Адрес: 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9.

Тел.: +7(812)457-82-49, 457-89-25,

E-mail: dou@pgups.ru

Подпись руки	<i>Уздина А. М.</i>
удостоверяю.	
Начальник Службы управления персоналом университета	<i>Г.Е. Егоров</i>
« 19 »	января 2021 г.

