

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Сидоровича Евгения Мечиславовича
о диссертации Скачка Павла Дмитриевича на тему
«Напряженно-деформированное состояние на контактных площадках
балочных элементов, частично опираемых на упругое основание»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.23.17 –строительная механика.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности

Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 05.23.17 - строительная механика и отрасли наук – технические науки. Область исследований соответствует паспорту специальности 05.23.17 –строительная механика: п. III.3. - Расчет несущих систем, взаимодействующих с деформируемой средой и п. III.5 - Эффективные численные и численно-аналитические методы расчета сооружений.

Актуальность темы диссертации

Тема диссертации посвящена актуальному вопросу определения действительного распределения напряжений взаимодействия на контактных площадках ограниченных размеров при свободном опирании несомой конструкции на несущую. Решается конструктивно нелинейная задача теории прочности сооружений. В качестве несомых конструкций приняты свободно опираемые горизонтальные балки и балочные плиты. В качестве несущих конструкций рассматриваются фрагменты линейно упругой изотропной деформируемой среды ($1/2$, $1/4$, и $1/8$ пространства). В качестве контактирующих могли бы быть рассмотрены любые конструкции и их фрагменты с конкретными площадками свободного контакта.

Степень новизны результатов диссертации

Постановка решаемых задач, разработанные методики и численные алгоритмы определения законов распределения усилий взаимодействия на площадках свободных контактов с учетом односторонности взаимодействия, полученные результаты имеют несоизмеримую научную новизну.

Новым является и вывод о нелинейной зависимости опорных реакций и длины рабочего пролета балок от значений механических и геометрических параметров балок и основания.

Нельзя признать новым вывод о появлении крутящих моментов в вертикально нагруженной прямолинейной балке при свободном опирании на неравномерно деформируемое основание. Как в любом пространственном стержне, крутящие моменты могут быть нулевыми или не нулевыми. Устанавливается этот факт в процессе расчёта в зависимости от исходных данных при корректно выбранной пространственной расчётной модели.

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций

Не вызывают сомнений результаты выполненных вычислений и сделанные на их основе выводы, касающиеся конструктивно нелинейных систем, находящихся в условиях плоских задач теории упругости, а так же и пространственных задач с вертикальной плоскостью симметрии.

*Вх. № 11-52/110
от 21.12.2023*

Сомнения вызывают результаты, касающиеся работы пространственных расчетных схем с вертикальной нагрузкой и с неравномерно деформируемым основанием в виде $1/8$ пространства.

Во-первых, задача определения вертикальных перемещений от вертикальных нагрузок в $1/8$ пространства со свободными гранями, рёбрами и вершиной действительно является нерешённой задачей теории упругости. К сожалению, все выводы, связанные с понятием $1/8$ пространства, в диссертации **по своему исполнению являются корректными,** но относятся не к $1/8$ пространства, а к некоей условной, искусственно полученной деформируемой среде .

Данное заключение поясняется нижеприведенными схемами (рисунок 1), где под номером 0 изображено (вид сверху) полупространство, нагруженное, как и в диссертации, четырьмя равными вертикальными силами F (кресты – это точки приложения сил). Это состояние имеет две плоскости симметрии. Под номером 1 изображено, назовём так, северное четвертьпространство со свободной южной гранью. Восточное четвертьпространство со свободной западной гранью представлено схемой под номером 2. Результаты определения НДС таких трёх разных задач известны, и соискатель правомерно применяет их в своих выкладках.

В диссертации полагается, что сумма состояний 1 и 2 за вычетом состояния 0 и характеризует состояние в виде $1/8$ пространства (северо-восточный квадрант схемы 3) со свободными гранями, ребрами и вершиной. Но в результате выполненной суммы-разности получаются две $1/8$ пространства, причем загруженные кососимметричными вертикальными силами (схема 3 на рисунке 1), с несмещаемой по вертикали совместной вершиной, как это и должно быть в линейно деформируемой системе.

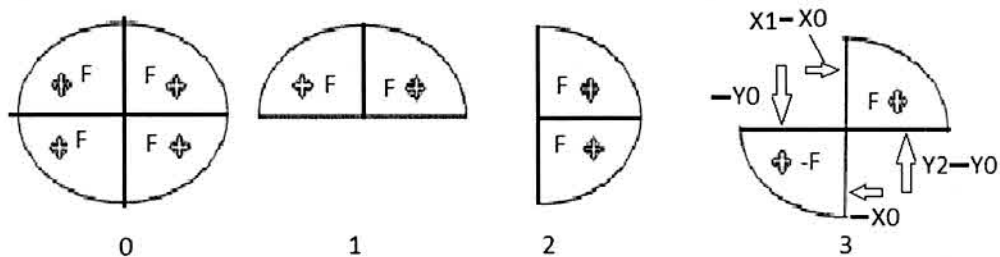


Рисунок 1. К определению $1/8$ пространства

Не показанные на схеме 3 рисунка 1 оставшиеся две $1/8$ пространства вертикальными силами не нагружены, их упругие тела как бы взаимно уничтожились, но связи-то остались. Эти связи участвуют в работе оставшегося ансамбля за счёт горизонтальных сил взаимодействия (реакций). Такими силами взаимодействия являются: X_0 и Y_0 – обобщенные горизонтальные силы взаимодействия, нормальные к вертикальным плоскостям симметрии YZ и XZ , соответственно в состоянии 0; X_1 – обобщенная горизонтальная сила взаимодействия, нормальная к вертикальной плоскости симметрии YZ , в состоянии 1; Y_2 – обобщенная горизонтальная сила взаимодействия, нормальная к вертикальной плоскости симметрии XZ , в состоянии 2.

Если рассматривать только один северо-восточный квадрант, то, как следует из схемы 3 рисунка, получить $1/8$ пространства со свободными гранями невозможно. На грани в общем случае действуют ненулевые силы взаимодействия, что эквивалентно наличию на гранях неких связей.

Поэтому выведенные в диссертации формулы не относятся к $1/8$ пространства со свободными гранями, ребрами и вершиной, а относятся к некому искусственному деформируемому объекту с невыявленными граничными условиями.

Во-вторых, как только в свободно опертой балке по торцам устанавливаются контактные площадки, пусть в виде рам бесконечной жесткости, балка превращается в пространственный стержень. Любые силы, приложенные с эксцентриситетом по отношению к оси или плоскости главной инерции балки, вызывают в балке кручение, как в любом стержне любой пространственной системы. К сожалению, деформации кручения балки при вычислении единичных перемещений в балке по направлению стержневых связей, моделирующих пространственный контакт, в диссертации не учитываются и податливость балки занижается.

Поэтому корректно проведенные вычисления и сделанные по результатам вычислений выводы для балок с горизонтальными площадками контакта на неравномерно деформируемом основании можно признать достоверными только в качественном отношении.

Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации

Научная и практическая значимость проведенных в диссертации исследований заключается в том, что соискатель решает конструктивно нелинейную задачу, которую невозможно решить с помощью известных проектно-вычислительных комплексов. Соискателем упрощены основные математические зависимости, что облегчает их применение в самостоятельно разработанном программном комплексе.

Экономическая значимость заключается в том, что созданный программный комплекс позволяет уточнить НДС реальных сооружений, в составе которых находятся свободно опираемые элементы, и тем самым установить их реальную несущую способность.

Социальная значимость состоит в том, что соискатель впервые обратил внимание на проблемы, связанные со свободным опиранием элементов конструкций друг на друга.

Опубликованность результатов диссертации

Опубликование результатов диссертации в научной печати отвечает установленным требованиям: семь статей из 21 публикации опубликованы в научных изданиях, включенных в перечень научных изданий, утвержденный ВАК РФ.

Оформление диссертации

Оформление текста диссертации соответствует установленным требованиям.

Замечания по тексту диссертации

1. Первая глава с обзором различных моделей грунтового основания не имеет отношения к теме диссертации, так как соискатель работает только с моделями в виде фрагментов бесконечной линейно упругой деформируемой среды. Недостаточен обзор литературы по современным методам решения линейных и нелинейных задач строительной механики и теории упругости.
2. В тексте неоднократно пересказываются суть метода Б. Н. Жемочкина и его достоинства. Но «связи Б. Н. Жемочкина» - это обычные опорные стержни, простые связи, хотя это могут быть и деформируемые связи. А «метод Б. Н. Жемочкина» - это обычный способ замены распределенных по поверхности нагрузок, давлений, напряжений их статически эквивалентными

сосредоточенными аналогами. То есть один из способов дискретизации континуальных задач.

3. В тексте диссертации выполняются многочисленные сложные математические выкладки, но не указывается, что в этих выкладках уже известно, а что является новым результатом, и в чём научная ценность этого результата.
4. Графическое изображение на рисунке 2.1 почему-то названо «математическая постановка задачи».
5. В тексте диссертации смешиваются понятия: реальное сооружение (конструктивная схема) и расчётная схема (расчётная модель, упрощенное изображение) сооружения; исходная расчётная схема (модель) и основная система выбранного метода расчета заданной расчетной модели. Примерами являются рисунки (2.3) и (2.4). В подразделе 2.2.2 на странице 64 изображённая на рисунке (2.17) схема называется расчётной схемой с введенным в середине пролета балки условным защемлением и предлагается «полученную статически неопределимую систему» рассчитывать смешанным методом строительной механики (т. е. рассчитывать как статически неопределимую не заданную систему, а её основную систему с введенными «условными защемлениями»). То же самое на рисунках 2.25 и 2.27, где основные системы смешанного метода названы расчетными. В тексте диссертации нет объяснений, почему в формально геометрически изменяемых системах, изображённых на этих рисунках, не рассматриваются возможные перемещения балок в горизонтальной плоскости. Во всём тексте диссертации нет соответствующих расчётных схем ни для одной из решаемых задач. Было бы ценным выделять в рассматриваемых объектах отдельно расчетную схему несомой конструкции, расчётную схему несущей конструкции и расчетную схему их области контакта. Это расширило бы возможности разрабатываемой в диссертации методики решения контактных задач.
6. В названии главы 3 речь идёт об «опирании балочной плиты на упругие четвертьплоскости». Рассматривается плоская задача, деформирование в вертикальной плоскости, а балочная плита расположена в горизонтальной плоскости. Уместнее было бы применить термин «опирание балки на ...».
7. Вывод 8 по главе 4 не корректен, ибо в эксцентрично нагруженной балке должны появиться деформации кручения, которые и вызовут эксцентрично распределённые реактивные силы на площадках контакта. Необходимость учёта деформаций кручения следует из рисунка 2.26. Вычисление единичного перемещения, хотя бы, δ_{11} учёта деформаций кручения балки.
8. Все действия и выводы главы 5, корректные по своей постановке, относятся к «некой искусственной несущей конструкции», а не к $1/8$ пространства. Фрагменты $1/2$, $1/4$, и $1/8$ линейно упругого пространства в настоящее время легко моделируются объёмными твёрдотельными конечными элементами.

Ниже на рисунке 2 представлены в аксонометрии такие пять независимых фрагментов, созданных с помощью ПК ЛИРА-САПР.

Нижний левый фрагмент представляет конечно-элементную модель полупространства с четырьмя вертикальными силами. Верхний левый – модель северного четвертьпространства. Нижний второй слева – модель восточного четвертьпространства. Верхний левый – модель $1/8$ пространства. Нижний крайний справа – модель выполненной в диссертации суммы-разности соответствующих долей пространства, т. е. две кососимметричных $1/8$ пространства с общим ребром.

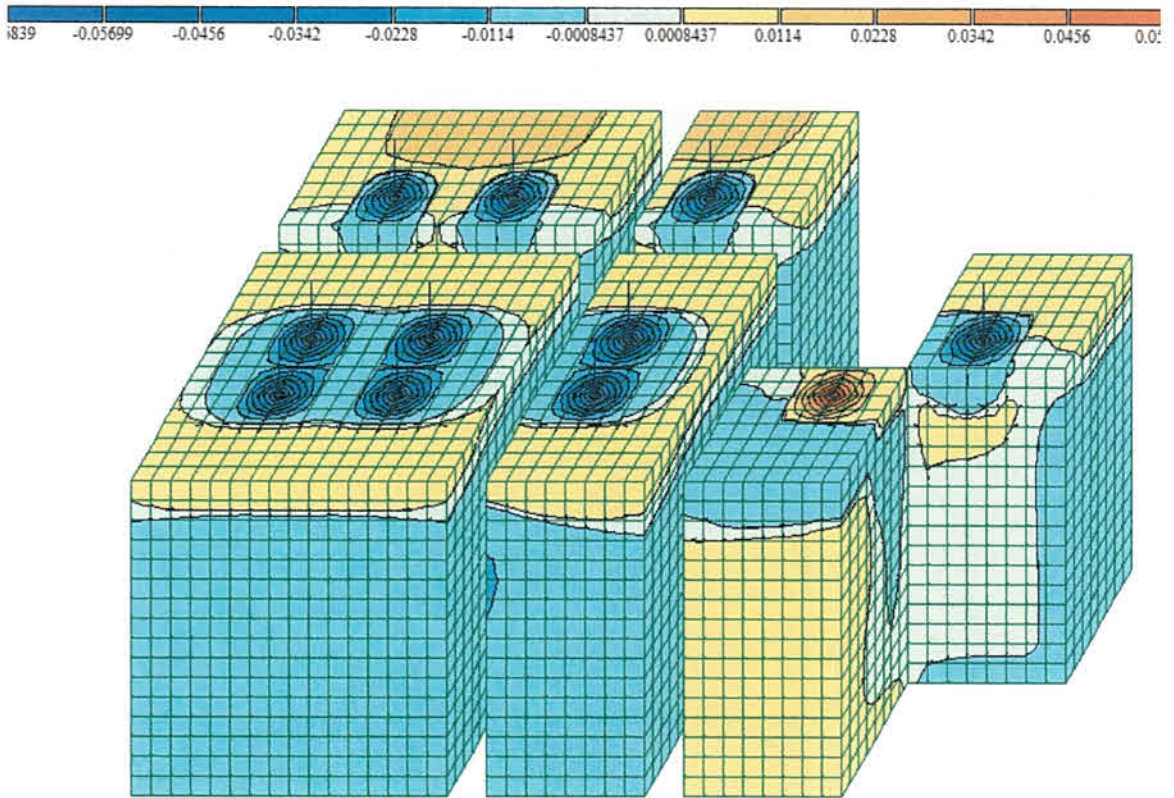


Рисунок 2. Общий вид тестовых массивов Изолинии нормальных напряжений по Y

На создание и расчёт таких моделей, на их модификацию и повторный расчёт уходят ничтожные отрезки времени. Но появляется возможность исследовать НДС созданных фрагментов при любых нагрузках и любых граничных условиях.

На рисунке 2 показаны изолинии нормальных напряжений по Y. На рисунках 3 и 4 показан срез только верхнего слоя кубических твердотельных элементов с изолиниями вертикальных перемещений от сил по-разному удалённых одна от другой

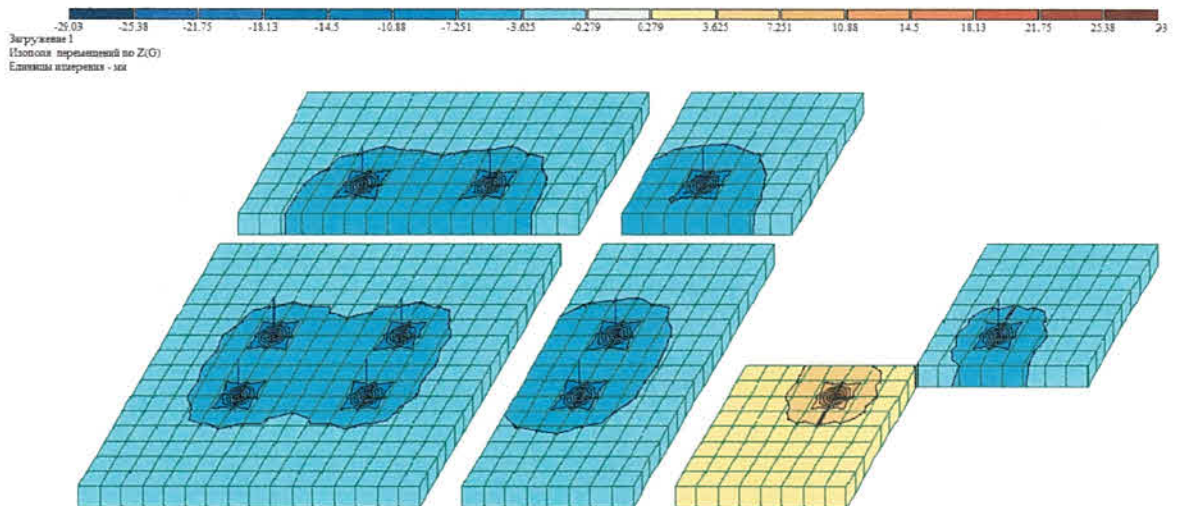


Рисунок 3. Перемещения по Z. Относительно разреженное нагружение.

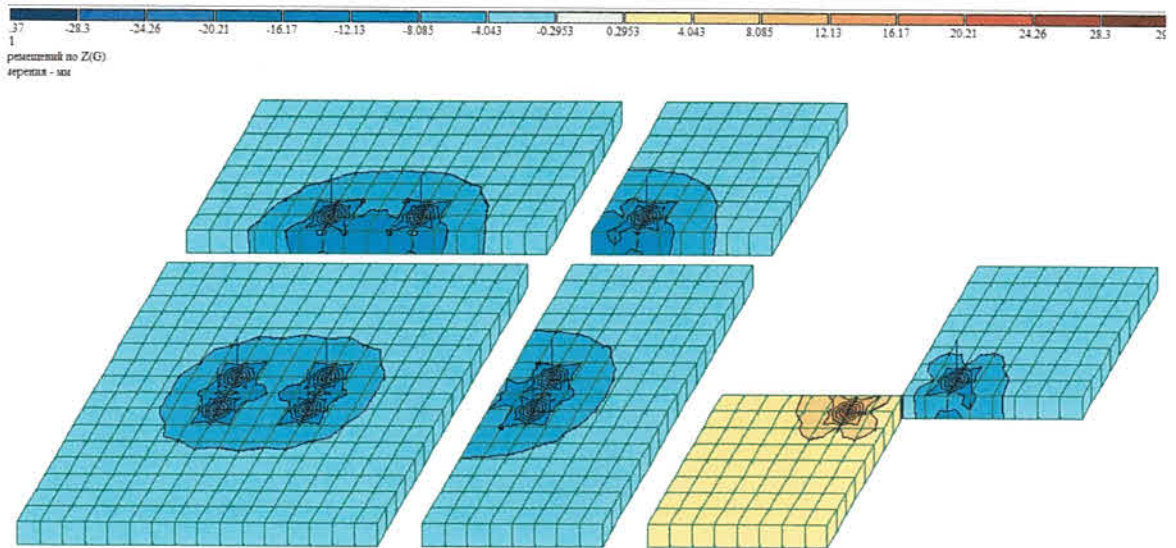


Рисунок 4. Перемещения по Z. Относительно плотное нагружение

Вместо поиска функций влияния вертикальных перемещений для частей пространства соискателю было бы достаточно вычислить соответствующие матрицы податливости по требуемым направлениям для любой несущей и любой несомой конструкции (включая необходимые фрагменты пространств) при любой области контакта с помощью любого проектно-вычислительного комплекса. Что существенно расширяет возможности разработанного в диссертации программного комплекса.

Конечно-элементное моделирование несомых балок и плит на любые несущие конструкции (основания) также легко выполнимо (рисунок 5).

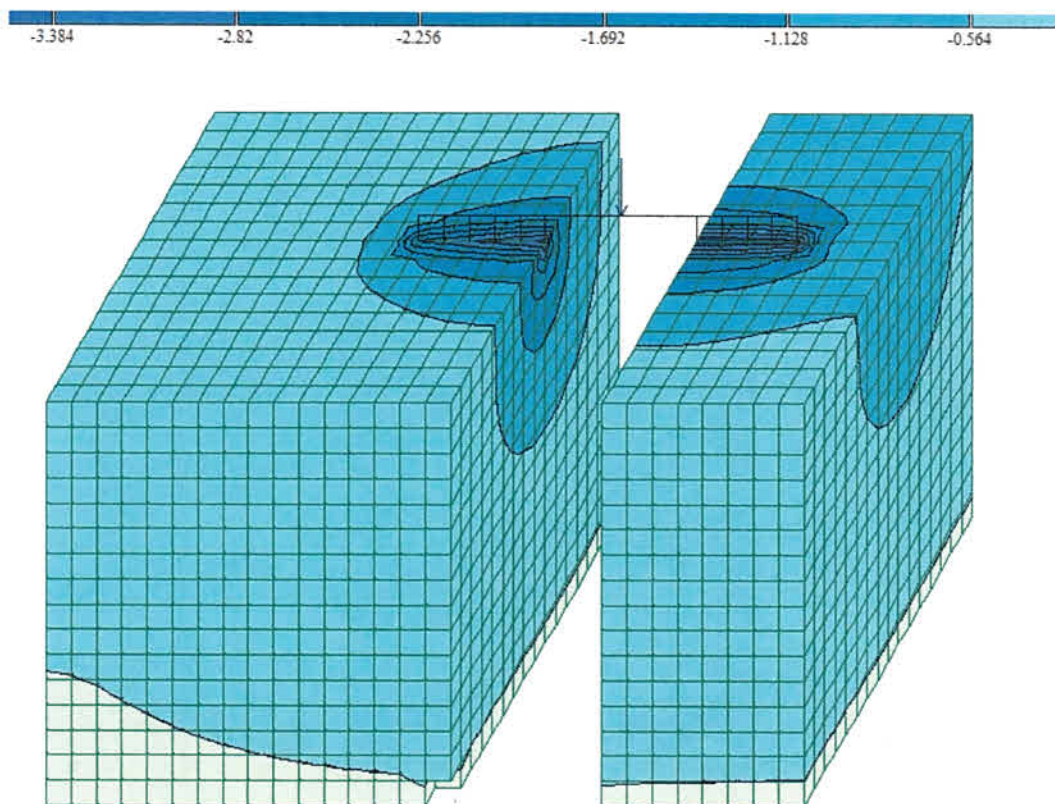


Рисунок 5. Плоская балка, нормальная к свободным граням двух четвертьпространств при разной глубине опирания. Изолинии вертикальных перемещений

На рисунках 5 и 6 показаны результаты тестового расчёта только одной условной плоской балки, нагруженной в середине свободной длины сосредоточенной вертикальной силой и опертой в одиннадцати точках на два четверть пространства, представленных фрагментами разных размеров. На построение и расчёт такой модели ушло около 10 минут. Появляется возможность рассчитывать опирание не только на массивы, но и на стены (рисунок 6), либо другие несущие конструкции.

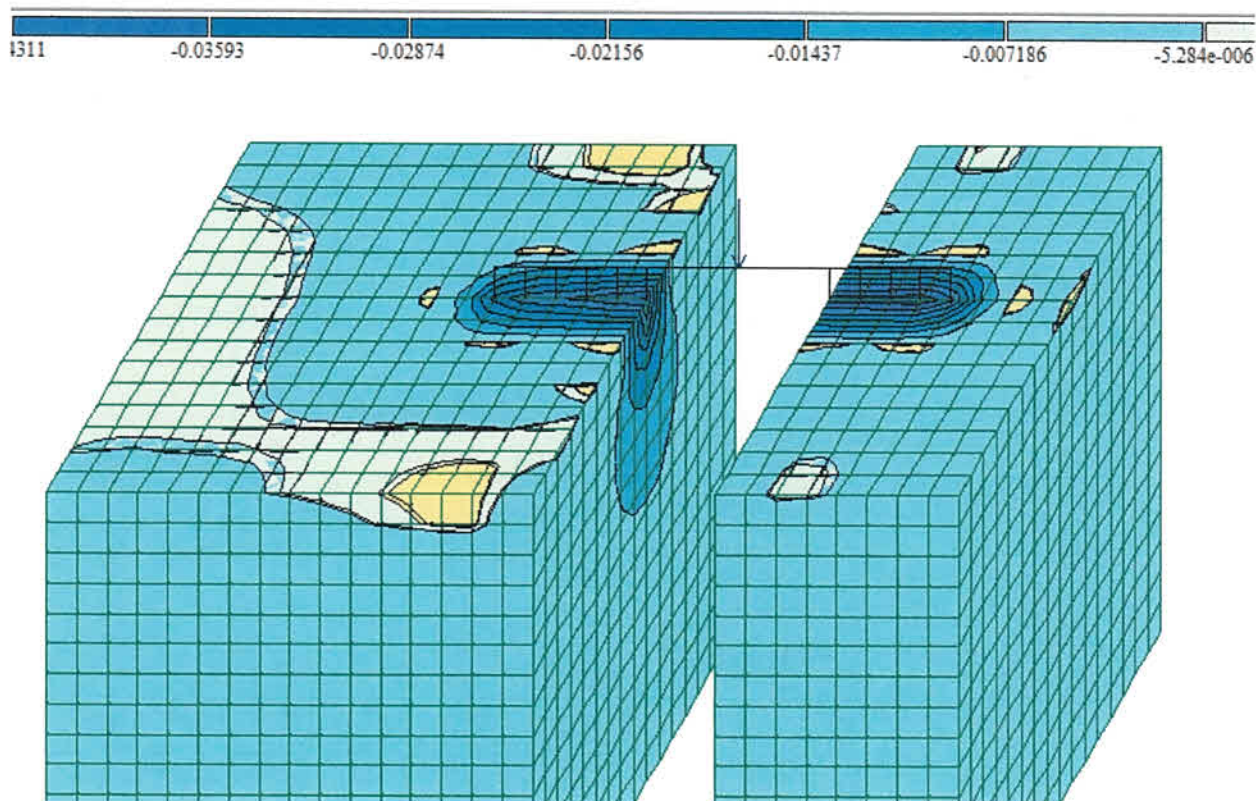


Рисунок 6. Изолинии нормальных вертикальных напряжений во фрагментах упругих четвертьпространств, вызванных нагруженной балкой при разной глубине опирания.

9. В диссертации нет примеров применения результатов проведенных исследований к расчету реальных конструкций.

Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени кандидата технических наук

Из анализа текста диссертации, автореферата и опубликованных работ следует, что соискатель способен выполнять сложнейшие математические преобразования, стремясь получать относительно простые итоговые формулы, ставить сложные задачи и создавать алгоритмы их численного решения, разрабатывать компьютерные программы, выполнять вычисления, анализировать численные решения, делать выводы и представлять полученные результаты в наглядной графической форме.

Следовательно, научная квалификация **Скачка Павла Дмитриевича** соответствует учёной степени кандидата технических наук.

Заключение

Диссертация **Скачка Павла Дмитриевича** на тему: «Напряженно-деформированное состояние на контактных площадках балочных элементов, частично опираемых на

упругое основание», - отвечает требованиям п. 20 главы 3 Положения о присуждении учёных степеней и присвоении учёных званий как содержащая новые теоретические результаты, подтверждённые численным экспериментом, по актуальному направлению создания и развития методов расчёта конструктивно нелинейных деформируемых сооружений при их взаимном одностороннем контакте на площадках ограниченных размеров.

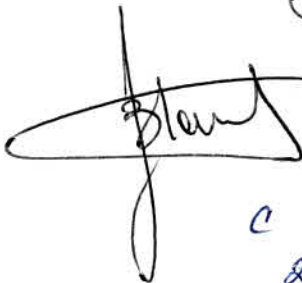
Ученая степень кандидата технических наук может быть присуждена **Скачку Павлу Дмитриевичу** за создание методики расчёта конструктивно нелинейных систем, разработку соответствующего численного алгоритма и составление итоговой компьютерной программы, отличающихся возможностью анализа напряженно-деформированного состояния областей контакта свободно опираемых друг на друга любых строительных конструкций (а не только балок); за впервые выявленную в контактирующих линейно деформируемых объектах нелинейную зависимость значений и законов распределения сил реактивного взаимодействия, а так же переменных размеров областей контакта от соотношения упругих свойств контактирующих объектов; что в совокупности является новым решением в направлении установления реальной несущей способности свободно опираемых строительных конструкций.

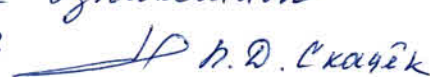
Официальный оппонент, профессор кафедры
«Геотехника и строительная механика»
Белорусского национального технического
университета,
доктор технических наук, профессор

 Е. М. Сидорович

21 декабря 2023 года.

Отзыв поступил в совет
21.12.23

 Бощарь В. В. /

с отзывом ознакомлен
21.12.2023  П. Д. Скачек

