

ОТЗЫВ

на диссертацию Джурахонзода Далер Джурахон «Численное решение статических и динамических задач пластин с различными граничными условиями методом сосредоточенных деформаций»», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17- строительная механика

Актуальность темы исследования. Диссертация Джурахонзода Далер Джурахон посвящена развитию метода сосредоточенных деформаций применительно к расчёту изгибаемых плит и дисков перекрытий с различными граничными условиями. В процессе исследований были получены новые численные результаты о напряженно-деформированном состоянии таких плит под воздействием вертикальной и горизонтальной нагрузки. Обеспечение необходимой прочности и надёжности строительных конструкций, особенно высотных зданий и снижение их стоимости остаётся одним из важнейших направлений в области строительства. В связи с этим разработка эффективных методов расчёта зданий, с достаточной полнотой отражающих реальное поведение конструкций, имеет большое народнохозяйственное значение.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- решение статических и динамических задач изгибаемых плит и дисков перекрытий с учётом различных граничных условий на основе метода сосредоточенных деформаций;
- получение численные результаты динамической задачи для дисков перекрытий, на основе метода сосредоточенных деформаций и сравнении их с известными решениями;
- разработке и решении тестовых задач по исследованию статического и динамического поведения двумерной системы от действия сосредоточенного мгновенного импульса с различными граничными условиями;

- исследование на тестовых примерах устойчивости и сходимости статических и динамических задач;
- получение результатов численного решения дисков перекрытий с учётом деформации реальных швов, соединяющих плит между собой и с ригелями на основе разработанной компьютерной программы;
- исследование влияния сгущения сетки на точность и сходимость результатов статического и динамического расчётов и выбора оптимального разбиения сетки.

Достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается проверкой точности и сходимости используемых методов аппроксимации и многочисленными сравнениями полученных результатов с известными решениями других авторов.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке методики расчета и компьютерной программы изгибаемых пластин и дисков перекрытий с использованием метода сосредоточенных деформаций. Разработанные методика, алгоритма и компьютерные программы могут быть успешно применены при проектировании зданий для расчёта плит с различными граничными условиями, а также может быть использована для исследования напряженно-деформированного состояния дисков перекрытий многоэтажных зданий.

Публикации результатов. По материалам диссертационной работы опубликовано 13 работ, в том числе 9 из которых опубликованных в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте РФ и 4 статьей в сборниках и журналах.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 05.23.17 «Строительная механика», включая разделы по общим принципам расчёта сооружений и численным методам их расчёта, соответствующие пунктам:

- 1- Общие принципы расчёта сооружений и их элементов;
- 4- Численные методы расчёта сооружений и их элементов.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, списка использованной литературы, приложения и изложена на 177 страницах.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, излагаются цели и задачи диссертационного исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, достоверность полученных результатов и личный вклад соискателя.

Первая глава посвящена обзору экспериментальных исследований плит и дисков, используемых в конструкциях перекрытий многоэтажных зданий. Тема является актуальной в свете современных требований к расчёту и проектированию строительных конструкций с учётом реальных условий нагружения, прочностных характеристик и особенностей эксплуатации.

Автором собран достаточно широкий спектр литературных источников, охватывающих ключевые экспериментальные работы последних десятилетий. Отмечается разнообразие применяемых методик: исследования на моделях, испытания фрагментов реальных перекрытий, лабораторные стендовые опыты. Рассмотрены различные типы армирования, схемы закрепления, виды нагружения, включая равномерные и сосредоточенные нагрузки.

Во второй главе рассматривается математическое моделирование задач для пластин методом сосредоточенных деформаций, который представляет собой тщательно структурированный и логически последовательный материал, отражающий как фундаментальные основы метода, так и его прикладные аспекты. Автор показывает глубокое понимание предметной области, используя строгий научный аппарат и современные подходы в области вычислительной механики деформируемого твёрдого тела.

Положительным моментом главы является её простая структура: от введения в метод сосредоточенных деформаций и краткого обзора его основных принципов, до конкретных математических моделей поведения пластин и детализированного рассмотрения матриц жёсткости (внутренней и внешней). Отдельно стоит отметить внимание, уделённое граничным

условиям, что свидетельствует о прикладной направленности исследования и понимании влияния условий закрепления на общее поведение конструкции. Кроме того, глава демонстрирует стремление к формализации процессов моделирования, что особенно важно при последующей реализации этих подходов в программных системах численного анализа. В целом глава производит положительное впечатление и свидетельствует о высоком научном уровне.

Глава 3 диссертационной работы представляет собой основательный и последовательный анализ численного решения как статических, так и динамических задач механики пластин с использованием метода сосредоточенных деформаций. Особого внимания заслуживает параграф 3.1, в котором рассматривается вопрос сходимости и точности метода. Подобный анализ является необходимым элементом любой численной методики и свидетельствует о правильном методологическом подходе.

Также положительно оценивается реализация расчётов для двухэлементной модели (параграф 3.2), что отражает важный этап применения метода. Подпараграф 3.2.1, посвящённый алгоритмам, содержит полезные практические сведения, в том числе, вероятно, ориентированные на последующее программное внедрение.

Интересно выполнено сравнительное исследование решений при разных типах закреплений пластин: опёртые края (параграф 3.3), защемлённые при нечётной и чётной разбивке (3.4, 3.5). Такой подход обоснован с точки зрения инженерной практики, так как позволяет оценить универсальность метода в различных условиях эксплуатации конструкций. Отдельно можно отметить параграф 3.4.1, в котором вводятся фиктивные швы — это оригинальный элемент, демонстрирующий стремление соискателя адаптировать модель к сложным условиям. Параграф 3.6 поднимает важный вопрос — устойчивость и сходимость численного решения в динамике. Учитывая высокую чувствительность динамических задач к численным ошибкам, внимание к этому аспекту следует признать особенно актуальным. Глава демонстрирует

высокий научно-прикладной потенциал и убедительно иллюстрирует эффективность метода сосредоточенных деформаций при решении широкого круга задач.

Глава 4 представляет собой логическое продолжение предыдущих глав диссертации и посвящена численному моделированию статических и динамических задач расчёта дисков перекрытий с использованием метода сосредоточенных деформаций. Особенностью данной главы является применение разработанной методики к конструкциям, имеющим реальное инженерное значение, что существенно повышает её прикладную ценность.

В параграфе 4.1 автор поднимает важный вопрос учёта податливости реальных швов, что отличает данную работу от многих теоретических исследований, игнорирующих эту деталь. В реальных строительных конструкциях швы между элементами оказывают заметное влияние на распределение усилий и деформаций, поэтому их учёт в численной модели придаёт расчётам инженерную реалистичность.

Алгоритмическая часть (параграф 4.2) представлена кратко, но достаточно ясно для того, чтобы судить о последовательности выполнения численного расчёта. Следующие подпараграфы (4.3–4.5) подробно освещают поведение дисков перекрытий при различных граничных условиях и с учётом (или без учёта) реальных швов. Подход, при котором рассматриваются обе ситуации, является обоснованным и даёт возможность провести сравнительный анализ, подчёркивающий влияние конструктивных особенностей на поведение системы.

Особого внимания заслуживает параграф 4.6, в котором приведены уравнения движения и изложен процесс построения матрицы внешней жёсткости в условиях динамики. Это укрепляет фундаментальность исследования и расширяет его применимость к задачам динамического расчёта, что особенно актуально для проектирования сейсмостойких зданий. Параграф 4.7 показывает, что соискатель уделяет должное внимание устойчивости и сходимости численного решения, что укрепляет доверие к

результатам диссертации. Глава производит благоприятное впечатление, демонстрируя зрелость научного подхода и высокий уровень практической направленности. Автору удалось убедительно показать эффективность метода сосредоточенных деформаций при моделировании сложных конструкций, что повышает значимость выполненного исследования.

Вместе с тем, по диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Желательно было бы в первой главе диссертации привести таблицы, графики или схемы, обобщающие характеристики проведённых экспериментов, которые существенно повысили бы наглядность главы.
2. Во второй главе диссертации (параграф 2.1. с. 28) следовало бы с целью наглядности дать рисунок балок на примере которого раскрыли бы основную концепцию метода сосредоточенных деформаций.
3. В параграфе 2.2.1 диссертации стоило бы дополнительно включить пример применения метода сосредоточенных деформаций на практике. Это позволило бы лучше осмыслить приведённые теоретические выкладки и облегчило бы переход к решению прикладных задач.
4. Структура третьей главы диссертации местами перегружена мелкими подпараграфами, что затрудняет восприятие. Надо было бы объединить некоторые из них или ввести промежуточные выводы.
5. Желательно было бы привести в параграфе 4.4 диссертации более наглядное сравнение результатов моделирования с учётом и без учёта податливости швов - например, в виде графиков или сравнительной таблицы напряжений и перемещений.
6. В параграфе 4.6.1 диссертации отсутствует подробное пояснение метода составления матрицы внешней жёсткости в динамике.

Указанные замечания в основном носят методический характер и ни в коей мере не снижают ценности проведённого автором исследования.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что диссертация выполнена на высоком научном уровне, написана грамотным техническим языком и соответствует требованиям ВАК при Президенте Республики Таджикистан, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Джурахонзода Далер Джурахон заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17-строительная механика.

Официальный оппонент: Абдусаттаров Абдусамат,
доктор технических наук, профессор

Научная специальность: 01.02.04 - «Механика деформируемого твердого тела»
должность: профессор кафедры «Прикладная механика»

организация: Ташкентский государственный транспортный университет.

Адрес: Республика Узбекистан, 100085, г. Ташкент, Сергелийский район
Сергели – 6, дом 1, кв.22

Телефон: +998 97 757 69 46

E-mail: abdusattarov4646@gmail.com



Абдусаттаров А.

Подпись Абдусаттарова Абдусамата подтверждаю.

Начальник отдела кадров ТГТУ



ОТЗЫВ

на диссертацию Джурахонзода Далер Джурахон «Численное решение статических и динамических задач пластин с различными граничными условиями методом сосредоточенных деформаций», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.00 – Строительство и архитектура (05.23.17- строительная механика)

Актуальность темы исследования

Железобетонные перекрытия являются основным компонентом несущих систем каркасных зданий и массовой продукцией сборного железобетона. В панельных зданиях они составляют около 18-20% от общей стоимости и 10-12% от общей трудоёмкости строительства, включая полы. В каркасных зданиях перекрытия занимают 50-70% от всего объёма железобетона несущей системы. В монолитных зданиях доля перекрытий составляет 30-40% от объёма железобетона, 20-25% от трудоёмкости и 30% от стоимости общестроительных работ.

Поэтому актуальной становится задача учёта деформативность сборного железобетонного перекрытия в его плоскости. В данном контексте исследуется деформативность дисков перекрытий на примере фрагмента ячейки каркасного здания с односторонним расположением ригелей.

При выборе расчётной модели для многоэтажных зданий предпочтение отдаётся той, которая наилучшим образом отражает реальное поведение конструкций.

Развитие методов расчёта на основе дискретных моделей, поддающихся алгоритмизации, а также улучшение вычислительных возможностей позволяют более полно учитывать прочностные и деформативные свойства отдельных конструкций и узловых сопряжений в расчётных схемах.

Численные методы, применяемые в строительной механике, включают задачи численного дифференцирования, интегрирования, а также численное решение дифференциальных и интегральных уравнений, связанных с аппроксимацией искомых функций.

Настоящее исследование ориентирована на совершенствование метода сосредоточенных деформаций для расчётов изгибаемых плит и дисков перекрытий с различными граничными условиями.

Научная новизна работы заключается в:

- решении статических и динамических задач изгибаемых плит и дисков перекрытий с учётом различных граничных условий на основе метода сосредоточенных деформаций;
- впервые получены численные результаты динамической задачи для дисков перекрытий, на основе метода сосредоточенных деформаций и сравнении их с известными решениями;
- решении тестовых задач по исследованию статического и динамического поведения двумерной системы от действия сосредоточенного мгновенного импульса с различными граничными условиями;
- исследовании на тестовых примерах устойчивости и сходимости статических и динамических задач;
- применении компьютерной программы статического и динамического расчётов плит и дисков перекрытий;
- получении результаты численного решения дисков перекрытий с учётом деформации реальных швов, соединяющих плит между собой и с ригелями на основе разработанной компьютерной программы;
- исследовании влияния сгущения сетки на точность и сходимость результатов статического и динамического расчётов и выбора оптимального разбиения сетки.

Степень достоверности результатов проведённых исследований подтверждается корректной постановкой и решением задач, а также обеспечивается проверкой точности и сходимости используемых методов аппроксимации и многочисленными сравнениями полученных результатов с известными решениями.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке методики и компьютерной программы для расчёта изгибаемых пластин и дисков перекрытий с использованием метода сосредоточенных

деформаций. Разработанные методика, алгоритма и компьютерные программы могут быть успешно применены при проектировании зданий для расчёта плит с различными граничными условиями, а также может быть использована для исследования напряженно-деформированного состояния дисков перекрытий многоэтажных зданий.

Публикации результатов

По материалам диссертационной работы опубликовано 13 работ, в том числе 9 из которых опубликованных в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте РФ и 4 статей в сборниках и журналов.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 05.23.00 – Строительство и архитектура (05.23.17- Строительная механика), включая разделы по общим принципам расчёта сооружений и численным методам их расчёта, соответствующие пунктам:

1- Общие принципы расчёта сооружений и их элементов;

4- Численные методы расчёта сооружений и их элементов.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, списка использованной литературы, приложения и изложена на 177 страницах.

Во введении диссертации даётся обоснование актуальности выбранной темы диссертационной работы, обзор литературы, сформулированы цель и её научное значение, приведены основные результаты, составляющие научную новизну работы и её практическую ценность.

В первой главе приводится обзор экспериментальных исследований плит и дисков перекрытий, применяемых в многоэтажных зданиях. Показано, что метод сосредоточенных деформаций показывает меньшей точности при грубом разбиении, а при сгущении сетки результаты достаточно быстро сходятся к известным решениям.

Тема является очень актуальной в связи с современных требований к расчёту и проектированию перекрытий с учётом реальных швов. Можно отметить, что соискателем собран большое количество литературных

источников, которые охватывают основные экспериментальные работы проведённых в последние десятилетия.

Вторая глава посвящена моделированию статических и динамических задач пластин. В этой главе раскрывается суть метода сосредоточенных деформаций (МСД). МСД представляет собой один из методов анализа и проектирования конструкций в механике, деформируемых тел. Основная концепция МСД заключается в разбиении конструкции на отдельные жёсткие элементы, на которых анализируются напряжения и деформации. МСД является хорошим инструментом для анализа напряжённо-деформированного состояния конструкций, особенно для сложных структур с различными граничными условиями. МСД обеспечивает эффективное решение задач напряжённо - деформированного состояния и позволяет получать точные результаты при минимальных вычислительных затратах. Далее исследуется напряжённо-деформированное состояние изгибаемых пластин методом сосредоточенных деформаций. Напряжённое состояние в конечных изгибаемых элементах МСД формируется исходя из основных зависимостей теории тонких плит. Для создания дискретной модели исходная прямоугольная пластина разбивается на множество прямоугольных элементов. Собственные деформации элементов при изгибе, кручении и сдвиге концентрируются в границах между ними с использованием фиктивных связей соответствующего типа. Элементы также могут объединяться реальными связями различного типа, что характерно для несущих систем из сборного железобетона. Рассматривается методики составления матрицы внутренней и внешней жёсткости элементов. Граничные условия играют ключевую роль в определении поведения пластин при статических и динамических нагрузках. Правильный выбор граничных условий важен для точного моделирования и анализа поведения пластины, а также для прогнозирования её деформаций и напряжений в реальных условиях.

Третья глава посвящена численному моделированию задач пластин на основе разработанной программы. Данная глава состоит из 6 параграфов.

Ключевым моментом в данной главе можно отметить рассмотрение для статической задачи вопросы **сходимости и точности метода**, а также для динамической задачи вопросы **устойчивость и сходимость** численного решения. Этот вид анализ является необходимым элементом любого численного решения и показывает правильность выбора методики расчёта. Другой положительный момент этой главы является учёт податливости стыковых соединений между элементами. В качестве тестовой задачи рассмотрено изгиб пластины от действия равномерно распределённой нагрузки. На основе алгоритма разработана компьютерная программа на языке ФОРТРАН и получены результаты численного моделирования исследуемого объекта. Алгоритм расчёта реализуется на примере квадратной плиты с защемлёнными краями. С целью вычисления перемещений и усилий в контрольных точках пластины используется экстраполяция. Для этого применяется квадратичная аппроксимация. Далее рассматривается квадратная пластина, шарнирно опёртая по всему контуру при действии равномерно распределённого мгновенного импульса.

Особый интерес вызывает подробный анализ различных типов закреплений и сравнение их влияния на поведение пластин. Реализация расчётного алгоритма, исследование сходимости, устойчивости и влияние разбиения на точность - всё это говорит о высокой степени проработанности темы.

В четвёртой главе «ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПО РАСЧЁТУ ДИСКОВ ПЕРЕКРЫТИЙ МЕТОДОМ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ» исследуется учёт податливости реальных швов между плитами перекрытий в составе диска перекрытия.

Экспериментальные исследования фрагментов реальных сборных железобетонных дисков перекрытий показали, что основные деформации возникают из-за податливости реальных швов между плитами настила, в то время как сами плиты можно считать практически недеформируемыми, то есть абсолютно жёсткими элементами. Такой способ позволяет оценить

универсальность метода в различных условиях работы конструкций.

Данная глава показывает применение метода сосредоточенных деформаций к моделированию дисков перекрытий, имеющих важное практическое значение в строительстве. Необходимо отметить, что результаты исследований соискателем доведены до практического использования и внедрены в практику проектирования зданий, которые проектируются в Республики Таджикистан.

Диссертация написана грамотным техническим языком, содержит все необходимые структурные элементы. Соблюдены логические последовательности изложения материала.

Замечание

1. В первой главе диссертации целесообразно было бы привести типы узловых соединений по конструктивному решению и условиям сопротивления различным силовым факторам, что позволило бы разработать рекомендации к определению податливости соединений сборных конструкций.
2. Чем метод сосредоточенных деформаций лучше метода конечных элементов?
3. Каким образом учитывалось податливость стыковых соединений между элементами?
4. С целью повышения точности и устойчивости расчёта по результатам исследования какое оптимальное число разбиение элементов установлено по пространству и по времени?
5. Решается динамическая задача. Учитывались, ли свободные колебания элементов и их частота?
6. Нет решения задач плит на упругом основании. Можно ли методом сосредоточенных деформаций решить такие типы задачи.
7. В используемых литературных источниках мало уделено электронным ресурсам, что в современных условиях является необходимым атрибутом научных работ.

Указанные замечания не носят принципиального характера и ни в коей мере не умоляют достоинство проведённого соискателем исследования.

Таким образом рассматриваемая диссертационная работа Джурахонзоды Далера Джурахона на тему «Численное решение статических и динамических задач пластин с различными граничными условиями методом сосредоточенных деформаций», является самостоятельным, законченным научно-квалификационным исследованием, выполнена на высоком профессиональном уровне, написано грамотным техническим языком и соответствует всем требованиям ВАК при Президенте Республики Таджикистан, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Джурахонзода Далер Джурахон заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.00 – Строительство и архитектура (05.23.17- строительная механика).

Официальный оппонент,
Исмоилзода Лутфулло Сулаймони,
кандидат технических наук, доцент

Научная специальность: 05.23.17- «Строительная механика»

Должность: **начальник отдела экспертизы проектов дорог, мостов и транспортных тоннелей**

Организация: **ГУП «Ташхисгар» Управления государственной вневедомственной экспертизы градостроительной проектной документации Комитета по архитектуры и строительства при Правительстве Республики Таджикистан**

Адрес: 734025, Республика Таджикистан,

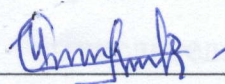
г. Душанбе, улица Хусейнзода, 34

Телефон: 93 980 05 01

E-mail: lutfullo.i@mail.ru

Подпись Исмоилзода Л.С.
подтверждаю.

Начальник отдела кадров



Исмоилзода Л.С.

22.05.2025



Асозода А.