

НУРГОЗИЕВА АЙЖАН ЖАНАБАЕВНА

**УТОЧНЁННАЯ ТЕОРИЯ РАСЧЁТА ПЛАСТИН С УЧЁТОМ
ПОПЕРЕЧНОГО СДВИГА**

АННОТАЦИЯ

к диссертации на соискание степени доктора философии (PhD)
по образовательной программе 8D05403 – «Механика»

Актуальность темы исследования. Расчет пластин с учетом деформации поперечного сдвига играет важную роль в повышении прочности и устойчивости конструктивных элементов в строительстве, машиностроении, авиации и других отраслях. Во многих расчетных методах влияние поперечного сдвига либо игнорируется, либо принимается приближенно, что снижает точность результатов и может привести к нерациональному использованию материалов или недостаточной надежности конструкций.

Учет деформаций поперечного сдвига особенно актуален для тонких пластин или пластин с высокой интенсивностью нагрузок, поскольку позволяет точнее определить их напряженно-деформированное состояние. Данная работа направлена на разработку усовершенствованных аналитических и численных методов, учитывающих деформацию поперечного сдвига, что, в свою очередь, позволит надежно оценивать прочностные и устойчивость характеристики конструктивных элементов в инженерной практике.

Несмотря на то, что классическая теория расчёта пластин, основанная на гипотезах Кирхгофа, подходит для тонких пластин, современные инженерные задачи требуют её дальнейшего уточнения и развития. Хотя теории смещения более высокого порядка, начиная с уточненной теории первого порядка, предложенной Рейсснером и Миндлином, обеспечивают более точные результаты, их применение связано с более сложными и трудоёмкими вычислениями из-за введения дополнительных зависимых переменных.

В связи с этим разработка усовершенствованного варианта уточненной теории с учетом поперечного сдвига и создание на ее основе инженерной расчетной методики является актуальной задачей современной инженерной науки.

Цель работы: Разработка усовершенствованного варианта уточненной теории расчета изотропной тонкой пластины с учетом деформации поперечного сдвига и построение метода определения напряженно-деформированного состояния пластины на основе применения балочных функций.

Задачи исследования:

1. Сформулировать основные предположения усовершенствованной версии уточненной теории с учетом поперечного сдвига, вывести основное уравнение, представить деформацию поперечного сдвига как параметр.

2. Преобразовать задачу изгиба пластины в задачу изгиба балки. Определить параметр цилиндрической жесткости.

3. Разработать метод разделения переменных для расчета напряженно-деформированного состояния прямоугольной тонкой пластины и применить балочные функции для расчетов. Разработать алгоритм расчета.

4. Решить задачи сложных пластин с использованием метода конечных элементов, основанного на предложенной уточненной теории.

5. Рассчитать напряженно-деформированное состояние пластин с различными условиями закрепления и сравнить результаты, полученные с использованием усовершенствованного метода, с результатами классической и других уточненных теорий.

Объект исследования – изотропная тонкая прямоугольная пластина с равномерной внешней нагрузкой.

Предмет исследования – уточненная теория расчета пластин с учетом деформации поперечного сдвига.

Методы исследования: Уточненная теория с учетом поперечного сдвига развита с использованием функции перемещений, применены метод разделения переменных и метод конечных элементов. Все расчеты выполнены в программах MathCAD и Fortran.

Научная новизна исследования: Разработана математическая модель уточненной теории расчета пластин с учетом деформации поперечного сдвига, где поперечный сдвиг представлен в виде параметра. Задача изгиба пластины сведена к задаче изгиба балки через параметр цилиндрической жесткости. Предложен метод расчета прямоугольных пластин с различными закреплениями с использованием балочных функций, выраженных через простые полиномы.

Обоснованность научных положений, выводов и результатов диссертации подтверждается применением основных законов и уравнений теории упругости при построении математических моделей, а также сравнением результатов расчетов с опубликованными данными в научной литературе.

Теоретическая и практическая значимость результатов: Уточненная теория расчета пластин позволяет точнее описывать напряженно-деформированное состояние тонких пластин. Такие модели позволяют снизить запасы прочности, а это приводит к уменьшению веса конструкций, затрат и расхода материалов. Теория может быть адаптирована для композитных, анизотропных и многослойных материалов, что делает ее универсальной в современной инженерной практике. Совместно с численными методами, такими как метод конечных элементов, повышается надежность компьютерного моделирования.

На защиту выносятся:

1. Усовершенствованный вариант уточненной теории расчета пластин с учетом поперечного сдвига и его основные уравнения и соотношения. Представление поперечного сдвига в виде параметра. Снижение количества основных уравнений равновесия до одного.

2. Метод и алгоритм расчета прямоугольной пластины с использованием метода разделения переменных и готовых балочных функций.

3. Универсальность метода расчета пластин с различными условиями закрепления.

4. Интеграция уточненной теории в метод конечных элементов.

Связь работы с другими научно-исследовательскими проектами:

Работа выполнена в рамках проекта AP22684709 «Усовершенствованный метод расчета изгиба и собственных колебаний балок с функционально-градиентным основанием», финансируемого по программе «Жас ғалым» на 2024–2026 гг. под руководством ассоциированного профессора Ахажанова С.Б.

Апробация работы: Результаты диссертации представлены на научных семинарах кафедры «Механика» механико-математического факультета КазНУ имени аль-Фараби, а также на международных научных конференциях: – «Ғылым және білім – 2022», Нур-Султан; «Мир Фараби – 2023», Алматы. Результаты опубликованы.

Публикации: По теме диссертации опубликовано 8 работ: 2 в материалах международной конференции, 2 в журнале, индексируемом в Scopus, и 4 – в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки РК:

1. S.B. Akhazhanov , N.I. Vatin, S. Akhmediyev, T. Akhazhanov, O. Khabidolda, A. Nurgoziyeva. Beam on a two-parameter elastic foundation: simplified finite element model// Magazine of Civil Engineering, 121(5). Article No. 12107, 2023. DOI:10.34910/MCE.121.7.
2. S. Akhazhanov, A. Nurgoziyeva, A. Kassenova. Refined Theories for Beam Bending: A Simplified Approach to Structural Analysis// Engineering, Technology & Applied Science Research Vol. 15, No. 2, 21709-21718. 2025. <https://doi.org/10.48084/etasr.10127>
3. Ахажанов С.Б., Нурланова Б.М., Нургозиева А.Ж., Ахажанов Т.Б. // Көлденең ығысу деформациясын ескергендегі арқалықтың ақырлы элементі. Университет еңбектері. №4(85). Б. 197-202. 2021, DOI 10.52209/1609-1825_2021_4_197
4. Ахажанов С.Б., Нургозиева А.Ж.// Көлденең ығысу деформациясын ескергендегі серпімді пластинаны есептеу әдісі. Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы. Техникалық ғылымдар және технологиялар сериясы. №3(140). Б. 16-30. 2022 DOI 10.32523/2616-7263-2022-140-3-16-31
5. O. Khabidolda, S. Akhmediyev, N. Vatin, L. Abeuova. Studying dynamics of a cantilever bar with variable bending stiffness // Journal of Mathematics, Mechanics and Computer Science. Vol 119 No 3 (2023),

pp. 77-90. Al-Farabi Kazakh National University. DOI 10.26577/JMMCS2023v119i3a7

6. S. Akhazhanov, A. Kassenova., A. Nurgoziyeva. Examination of a solid stamp on elastic foundation. Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университетінің хабаршысы. Сәулет және құрылыс. №1. Б. 295-303. 2025 DOI 10.51885/1561-4212_2025_1_295
7. Нургозиева А.Ж. Нақтыланған классикалық теория бойынша топсалы бекітілген пластинаның иілуін есептеу. Студенттер мен жас ғалымдардың «GYLYM JANE BILIM - 2022»: XVII Халықаралық ғылыми конференциясының баяндамалар жинағы. Нұр-Сұлтан. Б.1612-1617. 2022. <https://enu.kz/kz/page/science%2Fconference-collections%2Fkhvii-international-scientific-conference-of-students-and-young-researcher-gylym-jane-bilim-2022>
8. Нургозиева А.Ж. Айнымалыларды бөлу әдісімен жақтары қатты бекітілген тікбұрышты пластинаны есептеу. «Фараби әлемі» атты студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясының материалдары (6-8 сәуір аралығы). Алматы. Б.69. 2022

Вклад автора: Результаты исследования, представленные в диссертации, разработаны автором самостоятельно. Для достижения цели исследования формулирование задач, анализ методов исследования и реализации предлагаемой системы, анализ результатов научного исследования проводились под руководством автора, его научного руководителя и зарубежного научного руководителя.

Структура и объем диссертации: Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения.

Основное содержание:

Основное содержание диссертации.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, объект и предмет работы.

В первой главе проанализировано современное состояние исследуемой проблемы и приведён обзор литературы по уточнённой теории, учитывающей поперечные деформации сдвига.

Во второй главе представлена усовершенствованная методика расчёта пластины с учётом поперечных деформаций сдвига. Построена математическая модель на основе теории сдвига первого порядка. Предложен метод определения решения для пластины на основе классической теории с использованием метода разделения переменных, а также получено решение по уточнённой теории с использованием параметров поперечного сдвига. Кроме того, изложен порядок определения и применения балочных функций для нахождения решения пластины.

В третьей главе описан метод расчёта изотропной пластины с учётом поперечных деформаций сдвига с использованием метода конечных элементов.

В четвёртой главе, в качестве примера применения предложенного метода, приведены значения изменений напряжённо-деформированного состояния прямоугольной изотропной пластины под действием равномерной нагрузки при различных типах закрепления, и проведён их сравнительный анализ. Также представлены результаты расчётов методом конечных элементов для пластины на упругом основании, пластины с упругой опорой и пластины с отверстием (дефектом).

В заключении приведены выводы по результатам, полученным в ходе выполнения данной диссертационной работы.

Благодарности: Автор выражает благодарность научным руководителям — доценту Ахажанову Сунгату Беркиновичу и профессору Мехмету Авжару — за их руководство, ценные советы, критику и поддержку, оказанную в ходе исследования.