

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Шардакова Игоря Николаевича

на диссертационную работу Актуганова Александр Анваровича
«Развитие и применение метода интерполяции по коэффициенту формы
к решению задач поперечного изгиба пластинок на упругом основании»,
представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 05.23.17 – Строительная механика.

Актуальность темы. Заявленная тема диссертационной работы соответствует формуле специальности – 05.23.17, представленной в паспорте ВАК Российской Федерации по данной специальности. Область исследований представленной работы определяется в достаточной мере двумя основными направлениями, представленными в паспорте специальности 05.23.17 Строительная механика: «аналитические методы расчета сооружений и их элементов» и «численные методы расчета сооружений и их элементов». Актуальность темы диссертационной работы в значительной степени определена прикладной сферой – широким применением в строительных и инженерных сооружениях большого многообразия пластин, используемых в качестве несущих силовых элементов. В связи с этим развитие и совершенствование методов, позволяющих осуществлять надежный расчет деформационных параметров пластинчатых элементов произвольной геометрической конфигурации является важной научно-прикладной задачей. В своей диссертационной работе Актуганов А.А. развивает один из таких методов (метод интерполяции по коэффициенту формы), применяя его для оценки жесткости пластинок на упругом основании в рамках моделей Винклера и П.Л. Пастернака.

Таким образом **целью диссертационной работы** является развитие метода интерполяции по коэффициенту формы и его применение к решению задач оценки жесткости изотропных пластинок на упругом основании. В соответствии с этой целью автор формулирует логически ясно и четко последовательность задач, решение которых позволит ему достичь поставленную цель.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 192 страницах, включая 191 страниц основного текста, и состоит из введения, 4 глав, основных результатов и выводов, списка литературы, включающего 143 наименования, и одного Приложения. В диссертации имеется 51 рисунок и 18 таблиц.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационного исследования, определяется объект исследования – пластины на упругом основании, имеющие достаточно произвольную конфигурацию границы. В этом разделе формулируются цели и задачи, решение которых обеспечит достижение поставленных целей. Определяются математические методы, обеспечивающие построение решений поставленных задач. Описано, чем обосновывается достоверность полученных результатов. Здесь же кратко сформулированы результаты, определившие основную научную новизну работы, а также ее практическую ценность. Перечислены положения и результаты, выносимые на защиту. Далее кратко изложено содержание диссертационной работы по главам.

Замечание:

– При изложении материала введения не всегда четко и корректно представлены некоторые формулировки. Например, на стр.4 сказано: «Наиболее сложной проблемой остается определение максимального прогиба пластинок, так как именно от него зависят значения напряжений в пластинке и её жесткость». Отметим, что жесткость пластины в рамках линейной теории не зависит от прогиба, она зависит от физико-механических свойств материала, геометрических параметров пластины и краевых условий.

В первой главе представлен аналитический обзор известных методов строительной механики, используемых при решении задач поперечного изгиба изотропных пластинок на упругом основании. Особое внимание уделяется развитию геометрических методов, в частности, методу интерполяции по коэффициенту формы (МИКФ). В конце главы на основе анализа выполненного обзора сделаны некоторые выводы, обосновывающие необходимость развития МИКФ применительно к решению задач о поперечном изгибе пластин на упругом основании.

Замечание:

– При формулировке выводов главы 1 допущены некоторые неточности. В частности, в выводе 3 сказано: «Вариационные методы позволяют получать аналитические решения, однако дают приближение либо сверху, либо снизу, а также мало распространены при расчете пластин сложной формы». На самом деле вариационные методы – это методы, позволяющие осуществить вариационную постановку краевой задачи, изначально поставленной в дифференциальной форме; дальнейшее ее решение возможно как численными, так и аналитическими методами.

Во второй главе излагаются основные сведения об интегральной характеристике формы области – коэффициенте формы, который служит основополагающим геометрическим параметром, используемым в МИКФ. Приводятся основные теоретические положения МИКФ, полученные ранее в работах научного руководителя данной диссертационной работы В.И.Коробко. Описываются основные достоинства и возможности метода для оценки величин максимального прогиба упругих пластин с достаточно произвольной конфигурацией границы, приведены функциональные зависимости величины максимального прогиба пластинки от коэффициентов формы.

Замечания:

- На стр. 34 отсутствуют краевые условия для дифференциального уравнения 2.18.
- На стр. 35 сделано одно из основополагающих предположений о возможности представления решения в виде (2.19), где утверждается что при фиксированном значении параметра $\rho = t / r(\varphi)$ перемещения является константами и не зависит от полярной координаты φ . При этом не сказано о том, где выбирается центр полярной системы координат.
- На стр. 36 сказано: «Используем модифицированный метод Релея-Ритца для преобразования интегралов, входящих в состав основных уравнений технической теории пластинок». Считаю такое высказывание не совсем корректным. Метод Релея-Ритца – это один из методов решения краевых задач в вариационной постановке.
- В соотношении 2.21 содержится ошибка: в подынтегральном выражении не должно быть квадрата функции.
- Непонятен смысл фразы на стр. 36 «Коэффициенты в выражениях (2.21-2.24) являются постоянными величинами, зависящими лишь от выбора функции $g(\rho)$, следовательно, основные формулы технической теории пластинок, представленные в изопериметрическом виде, будут иметь наименьшее собственное значение, зависящее лишь от коэффициента формы».
- Чтобы получить соотношения 2.24, следовало бы сделать более подробные выкладки или сослаться на первоисточник, содержащий эти выкладки.
- На стр. 39 сформулирован интересный, фундаментальный результат: «Анализ графиков на рисунке 2.9 показывает, что значения максимального прогиба для параллелограммных пластинок ограничены соответствующими значениями для прямоугольных и ромбических пластинок; значения максимального прогиба для трапециевидных пластинок ограничены

соответствующими значениями прямоугольных и треугольных пластинок». При изложении этого материала автору следовало бы сослаться на соответствующие публикации научного руководителя, тем более что именно этот вывод служит основой для всех дальнейших построений автора диссертации.

– Один из выводов по второй главе (стр. 48) выглядит так: «Задача определения максимального прогиба пластинок, лежащих на упругом винклеровском основании, представлена в изопериметрическом виде, позволяющем решать такие задачи с помощью МИКФ». Однако этот вывод является преждевременным, т.к. данная задача будет рассмотрена только в главе 3.

В третьей главе исследуется возможность применения МИКФ к расчету максимальных прогибов пластин, лежащих на упругом винклеровском основании и нагруженных постоянной распределенной нагрузкой. Именно в этой главе приводится большая часть основных результатов, принадлежащих автору диссертации. Выводятся аналитические соотношения для максимального прогиба в зависимости от коэффициента формы. С использованием метода конечных элементов производится решение «опорных» краевых задач для пластин в форме прямоугольников, ромбов и равнобедренных треугольников. На основе результатов этих решений построены опорные кривые метода интерполяции по коэффициенту формы. Решаются задачи по определению максимального прогиба пластинок в форме параллелограммов, произвольных треугольников и равнобедренных трапеций при различных комбинациях граничных условий с использованием нескольких вариантов интерполяции. Полученные результаты сравниваются с решениями, найденными с использованием метода конечных элементов.

Замечания:

– При получении формулы 3.3 автор пренебрегает вторым слагаемым формулы 3.2. Непонятно, на каком основании это сделано.

– На стр. 55 при построении опорных решений с использованием МКЭ в программном комплексе «SCAD» учитывался коэффициент Пуассона, а при построении зависимости максимального прогиба от коэффициента формы (3.15) коэффициент Пуассона не был учтен. Непонятно, насколько это справедливо.

В четвертой главе изложен второй из основных результатов автора – применение метода интерполяции по коэффициенту формы для определения максимального прогиба пластинок, лежащих на упругом двухпараметрическом основании П.Л. Пастернака. Логическая структура этой главы в точности соответствует структуре третьей главы.

Замечание:

– На стр. 116, при записи выражения 4.3 сказано: «Ограничившись исследованием пластинок с полностью жестко защемленным или шарнирно опертым полигональным контуром, получим формулу потенциальной энергии внутренних сил в упрощенном виде». Здесь, как и в главе 3, отсутствует обоснование этого упрощенного вида.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы.

В приложении представлены сведения о внедрении результатов диссертационного исследования.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1) Получена функциональная зависимость максимального прогиба от коэффициента формы для пластины, нагруженной постоянным распределенным усилием, имеющей выпуклый контур и лежащей на упругом основании (модель Виклера и модель П.Л. Пастернака);

2) В рамках теоретических положений МИКФ построены аппроксимирующие функции для кривых, ограничивающих все множество значений максимального прогиба четырех- и треугольных пластинок произвольного вида с комбинированными граничными условиями, лежащих на упругом основании.

3) разработана методика определения максимального прогиба пластинок, лежащих на упругом основании Винклера и двухпараметрическом основании П.Л. Пастернака, с использованием МИКФ;

Практическая значимость работы заключается в том, что

– полученные в рамках МИКФ функциональные зависимости и разработанная методика определения максимальных величин прогиба пластин, лежащих на упругом основании, могут быть использованы для повышения эффективности решения задач рационального выбора геометрических и физико-механических параметров, обеспечивающих оптимизацию деформационного поведения пластин;

Достоверность результатов исследований, представленных в диссертационной работе, обусловлена корректным использованием законов сохранения и математических методов строительной механики, а также хорошими результатами сравнения полученных на базе разработанного подхода решений с решениями, полученными с помощью метода конечных элементов.

Диссертация написана ясным языком, с использованием принятой терминологии, однако имеется ряд замечаний к оформлению диссертации, которые будут упомянуты ниже.

Содержание диссертации в достаточной степени отражено в публикациях автора, было представлено на научных конференциях и известно научной общественности, а ее основные положения изложены в автореферате. По теме диссертации опубликовано 9 научных работ, в том числе 5 статей в журналах, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора технических наук.

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Реализация и использование результатов работы подтверждена приведенной в Приложении справкой, из которой следует, что некоторые результаты работы вошли в состав отчетов по НИР, выполнявшихся в 2012...2014 гг. в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ по теме «Разработка и развитие инженерных методов решения задач технической теории пластинок на основе принципов симметрии и геометрического моделирования их формы». Результаты исследований также были внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК».

По диссертации имеется ряд замечаний:

1. При изложении материала введения не всегда четко и корректно представлены некоторые формулировки. Например, на стр.4 сказано: «Наиболее сложной проблемой остается определение максимального прогиба пластинок, так как именно от него зависят значения напряжений в пластинке и её жесткость». Отметим, что жесткость пластины в рамках линейной теории не зависит от прогиба, она зависит от физико-механических свойств материала, геометрических параметров пластины и краевых условий.
2. При формулировке выводов главы 1 допускаются некоторые неточности. В частности, в выводе 3 сказано: «Вариационные методы позволяют получать аналитические решения, однако дают приближение либо сверху, либо снизу, а также мало распространены при расчете пластин сложной формы». На самом деле вариационные методы – это методы, позволяющие осуществить вариационную постановку краевой задачи, изначально поставленной

в дифференциальной форме; дальнейшее ее решение возможно как численными, так и аналитическими методами.

3. На стр. 34 отсутствуют краевые условия для дифференциального уравнения 2.18.
4. На стр. 35 сделано одно из основополагающих предположений о возможности представления решения в виде (2.19), где утверждается что при фиксированном значении параметра $\rho = t/r(\varphi)$ перемещения является константами и не зависит от полярной координаты φ . При этом не сказано о том, где выбирать центр полярной системы координат.
5. На стр. 36 сказано: «Используем модифицированный метод Релея-Ритца для преобразования интегралов, входящих в состав основных уравнений технической теории пластинок». Считаю такое высказывание не совсем корректным. Метод Релея-Ритца – это один из методов решения краевых задач в вариационной постановке.
6. В соотношении 2.21 содержится ошибка в подынтегральном выражении не должно быть квадрата функции.
7. Непонятен смысл фразы на стр. 36 «Коэффициенты в выражениях (2.21-2.24), являются постоянными величинами, зависящими лишь от выбора функции $g(\rho)$, следовательно, основные формулы технической теории пластинок, представленные в изопериметрическом виде, будут иметь наименьшее собственное значение, зависящее лишь от коэффициента формы».
8. Чтобы получить соотношения 2.24, следовало бы сделать более подробные выкладки или сослаться на первоисточник, содержащий эти выкладки.
9. На стр. 39 сформулирован интересный, фундаментальный результат: «Анализ графиков на рисунке 2.9 показывает, что значения максимального прогиба для параллелограммных пластинок ограничены соответствующими значениями для прямоугольных и ромбических пластинок; значения максимального прогиба для трапециевидных пластинок ограничены соответствующими значениями прямоугольных и треугольных пластинок». При изложении этого материала автору следовало бы сослаться на соответствующие публикации научного руководителя, тем более что именно этот вывод служит основой для всех дальнейших построений автора диссертации.
10. При получении формулы 3.3 автор пренебрегает вторым слагаемым формулы 3.2. Непонятно, на каком основании это сделано.
11. На стр. 55 при построении опорных решений с использованием МКЭ в программном комплексе «SCAD» учитывался коэффициент Пуассона, а при построении зависимости максимального прогиба от коэффициента формы (3.15) коэффициент Пуассона не был учтен. Непонятно, насколько это справедливо.
12. На стр. 116 при записи выражения 4.3 сказано: «Ограничившись исследованием пластинок с полностью жестко защемленным или шарнирно опертым полигональным контуром, получим формулу потенциальной энергии внутренних сил в упрощенном виде». Здесь, как и при выводе формулы 3.3, отсутствует обоснование этого упрощенного вида.
13. При построении опорных решений методом конечных элементов в главах 3, 4 констатируется число конечных элементов, но отсутствует анализ сходимости получаемого решения от их числа. Это могло бы подтвердить достоверность полученных результатов, и тогда было бы более корректным сопоставление этих результатов с результатами, полученными в соответствии с МИКФ
14. На стр. 174 в первом выводе сказано: «Показано, что максимальный прогиб пластинок является величиной инвариантной по отношению к её площади, цилиндрической жесткости, действующей равномерно распределенной нагрузке и коэффициентам постели». При-

веденные в диссертации соотношения (3.15), (4.12) для максимального прогиба это утверждение не подтверждают; более того, они его опровергают.

15. Имеются замечания к оформлению диссертации. В автореферате указан общий объем диссертации – 196 стр., в тексте диссертации утверждается, что она занимает 188 стр., а в реальности она содержит 192 стр.; в автореферате указано 49 рисунков, в реальности их 51; в автореферате упомянуто 15 таблиц, а в реальности их 18; номер формулы 3.21 использован дважды; описка в номере формулы (2.77 вместо 2.27).

Несмотря на указанные выше замечания, диссертация Актуганова Александра Анваровича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научно-технической задачи по развитию и применению метода интерполяции по коэффициенту формы к расчету жесткости пластинок на упругом основании. Диссертация отвечает требованиям ВАК РФ предъявляемым к кандидатским диссертациям, а также соответствует паспорту специальности. Считаю, что Актуганов А.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика.

Сведения об оппоненте:

Шардаков Игорь Николаевич,

доктор физико-математических наук, специальность 01.02.03 – Механика деформируемого твердого тела, профессор

Место работы: Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук (ИМСС УрО РАН)

Должность: заведующий Лабораторией интеллектуального мониторинга

Контактные адреса:

Телефон: +7-342-2378318;

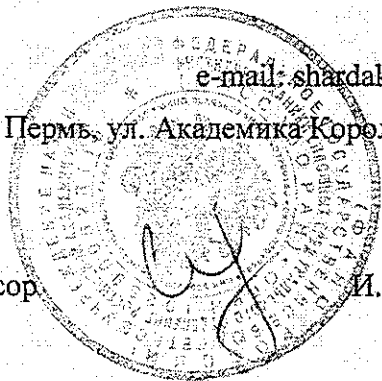
e-mail: shardakov@icmm.ru

Почтовый адрес: 614013, г. Пермь, ул. Академика Королёва, д. 1

Д-р физ.-мат. наук, профессор

И.Н. Шардаков

30 ноября 2015г.



Подпись И.Н.Шардакова заверяю.

Ученый секретарь ИМСС УрО РАН,

к.ф.-м.н.

Н.А.Юрлова