

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Меач Мона

«Математическое моделирование колебаний струнных и стержневых

систем с локализованными особенностями»,

представленной на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 –

Математическое моделирование, численные методы

и комплексы программ

Несмотря на бурное развитие математического моделирования процессов в различных средах, учитывающее и нелинейные составляющие, остаются объекты, формализовать механическое движение которых либо трудно, либо невозможно. Особенно актуально это в случае реализации математической модели в виде граничной задачи. Трудности, возникающие как при анализе полученных моделей, так и при численном решении, вызваны отсутствием производных у решения (а в ряде случаев и «разрывностью» решения).

В диссертационной работе Меач Мона проводится анализ математических моделей свободных и вынужденных колебаний струнной и стержневой систем с внутренними и внешними особенностями, которые приводят к потере гладкости у решения. Подобные объекты изучаются в рамках теории обобщенных функций. Здесь следует отметить работы Аткинсона Ф., Завалищина С.Т., Сесекина А.Н., Дерра В.Я., Кинзебулатова Д.М., Владимирова В.С., Егорова Ю.В., Мышика А.Д. и многих других. В то же время, для приложений требуется знание значений решения и ее производных в каждой точке, что для теории обобщенных функций представляется трудно осуществимым: уравнение рассматривается как равенство функционалов, что делает невозможным применение качественных методов анализа. Автор диссертационной работы применяет поточечный подход, предложенный Ю.В. Покорным и показавший свою

эффективность для обыкновенных дифференциальных уравнений, при котором уравнение с обобщенными коэффициентами заменяется на вполне привычное поточечно заданное уравнение.

В диссертационной работе Меач Мона исследуются математические модели вынужденных и свободных колебаний систем, состоящих из струн, стержней и помещенных во внешнюю среду с локализованными особенностями. Автор использует подход, который позволил применить к исследованию моделей классические методы анализа; показать корректность моделей; метод конечных элементов адаптировать к изучаемым моделям; получить оценку погрешности. Сказанное выше подтверждает *актуальность* темы диссертации Меач Мона.

В качестве базовой автором рассмотрена математическая модель, описывающая малые поперечные колебания струны с произвольным распределением массы и внутренними и внешними особенностями, приводящими к потере гладкости у решения. Получены достаточные условия корректности изучаемой математической модели, что представляет принципиальный интерес для определения подхода к выбору численного метода решения задачи.

Естественно возникает вопрос о возможности применения метода разделения переменных к рассматриваемой математической модели, который бы позволил получать приближенные аналитические решения в физически понятном виде разложения по гармоникам. Этот вопрос автором был успешно разрешен. Попутно изучено поведение амплитудных функций, установлен порядок роста как самых собственных функций, так и их производных. Несмотря на то, что точной аналогии с классическим результатом здесь нет (производные собственных функций имеют на бесконечности рост не более спектрального параметра, в то время как в классической теории - квадратный корень из спектрального параметра), автору удалось доказать сходимость ряда, полученного почлененным дифференцированием как по временной переменной, так и по мере.

Обобщение развитого подхода к моделированию динамических механических систем с сосредоточенными особенностями автор осуществил на математической модели малых поперечных колебаний стержневой системы, состоящей из шарнирно соединенных стержней. Несмотря на то, что точки шарнирного соединения приводят к «существенной» потере гладкости у решения (уже первая производная разрывна), диссертант, применяя метод поточечной трактовки уравнения, показывает, что полученная математическая модель является корректной.

В качестве численного метода решения исследованных моделей диссертантом предложена адаптация метода конечных элементов на изучаемые модели второго и четвертого порядков. Уравнения МКЭ получены умножением исходного уравнения на базисную функцию, с последующим интегрированием по мере. В результате удается учесть все особенности, которые привели к потере гладкости у решения. Более того, это позволило автору получить оценку погрешности.

Для решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений МКЭ диссертантом использована явная разностная схема по переменной времени, что оправдано для гиперболических задач и позволило применить эффективную вычислительную процедуру решения. Она реализована в виде комплекса программ, позволяющего моделировать колебания сложно-составных струнных и стержневых систем, а также смешанных систем с преднатяжением стержней.

В то же время, в диссертации имеются недочёты, которые не приводят к разнотению.

1. Явные разностные схемы условно устойчивы, однако в работе не приведены требования на шаг по времени, обеспечивающий устойчивость расчета.
2. В работе не комментируется точность оценок, полученных в четвертой главе, в частности первый порядок сходимости по координате.

3. В работе сформулирована вариационная постановка задачи, однако она не использована для получения уравнений МКЭ.

Эти замечания не влияют на общее положительное впечатление от диссертационной работы. В диссертационной работе Меач Мона развивается вариационный метод построения математических моделей второго и четвертого порядков с особенностями (п.1. Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений Паспорта специальности, область математического моделирования), метод конечных элементов адаптируется для изучаемых моделей (п.2 Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов Паспорта, область численных методов), разработан и апробирован комплекс программ для моделирования колебаний струнно-стержневых систем с особенностями (п.4 Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента Паспорта специальности, область комплексов программ). Результаты диссертации являются новыми и актуальными. Таким образом, имеются новые результаты по трем пунктам паспорта из всех трех областей формулы специальности. В работе преобладают математические методы исследования, поэтому она отвечает отрасли физико-математических наук.

Оценивая в целом диссертацию Меач Мона, можно уверенно утверждать, что его работа вносит весомый вклад в исследование математических моделей с негладкими решениями. Диссертация содержит полные и строгие доказательства всех результатов, точные и подробные ссылки на цитируемую литературу. Результаты, полученные в диссертации, своевременно опубликованы в 6 научных работах, в том числе в двух работах из списка, рекомендованного ВАК РФ для публикации результатов диссертационных исследований. Автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертации.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Меач Мона «Математическое моделирование колебаний струнных и стержневых систем с локализованными особенностями», соответствует всем требованиям Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученой степени, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует паспорту специальности 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по заявленной специальности.

05 сентября 2014 г.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
профессор
заведующий кафедрой
высшей математики и физико-
математического моделирования,
Воронежский государственный
технический университет

И. Л. Батаронов

Батаронов Игорь Леонидович
тел. 8 (473) 246-42-22
e-mail: i-bataronov@mail.ru
Адрес: 394027 Воронеж Московский пр. 14 ВГТУ

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
СОВЕТА ВГТУ
М.М.
А. В. МАНДРЫКИН