

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертации Афанасьева Владислава Сергеевича
«Повышение стабильности продольного движения упругих материалов»,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.02.04 – механика деформируемого твердого тела

Диссертация В.С. Афанасьева посвящена исследованию поведения движущегося упругого материала. Движущиеся материалы в диссертации моделируются одномерными и двумерными элементами, такими как струны, балки, мембраны и пластины.

Актуальность темы, помимо научного интереса, непосредственно связана с практическими приложениями, в частности, с механическими процессами, происходящими при производстве бумаги. В бумагоделательной машине бумага перемещается в виде тонкого листа. Лист очень тонкий, характерная толщина варьируется от 0,1 мм (офисная бумага) до 1 мм (картон). Все бумагоделательные машины содержат открытые участки полотна, где бумажное полотно на мгновение проходит без механической поддержки, в то время когда оно движется от одного опорного ролика к другому. В это время оно может потерять стабильность, начать совершать поперечные колебания и в итоге порваться, что приводит к большим экономическим потерям.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 120 наименований и изложена на 142 страницах печатного текста.

Во введении обоснована актуальность темы и сформулированы цели и задачи исследования, приведены общие характеристики диссертации и краткое содержание ее глав.

В первой главе приведены основные соотношения, моделирующие механическое поведение движущихся изотропной и ортотропной панелей, подверженных термомеханическим нагрузкам. Поперечные колебания движущегося полотна с ненулевой изгибной жесткостью моделируются начально-краевой задачей для дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка. Для изотропной панели предложен метод расчета этой начально-краевой задачи на основе метода Галеркина.

Здесь же рассматривается задача о движении мембраны в случае, когда валки расположены на разных высотах и надо учитывать вклад гравитационного воздействия. Движение мембраны моделируется начально-краевой задачей для уравнения в частных производных второго порядка. Диссертанту удалось свести эту задачу к гипергеометрическому уравнению Гаусса и получить аналитическое решение в виде гипергеометрического ряда.

Во второй главе на основе математических моделей, описанных в первой главе, решаются задачи об устойчивости продольного движения нагретых мембраны и полотна в стационарной постановке. Определяются факторы, влияющие на устойчивость движения полотна, и даются рекомендации по повышению стабильности.

Здесь же рассматривается проблема устойчивости термоупругой мембраны, движущейся с постоянной скоростью без учета трения по цилиндрической поверхности. Целью исследования является установление критериев устойчивости при действии

центробежных сил и нагреве, приводящим к отрыву мембраны от поверхности. Проведен анализ влияния на потерю устойчивости геометрических и физических параметров задачи. Приведенные рисунки демонстрируют снижение температуры, при которой происходит отрыв мембраны, при возрастании некоторого геометрического параметра и при возрастании обобщенной тепловой деформации.

Далее рассматривается задача о сушке бумажного полотна в специальной сушильной секции бумагоделательной машины. На начальном этапе производства материал полотна в значительной степени обладает вязкими свойствами, поэтому рассмотрена задача о продольном движении вязкого материала, моделируемого одномерным волокном переменного поперечного сечения. Математическая модель представляет собой систему двух одномерных нестационарных уравнений для функций скорости V и переменного поперечного сечения S . Получены решения задачи для линеаризованной системы уравнений.

В третьей главе формулируются и решаются оптимизационные задачи. Ставится задача погасить поперечные колебания движущихся материалов за счет использования внешних актюаторов (управляющих устройств). Внешние воздействия моделируются функцией, стоящей в правой части уравнений, описывающих поперечные колебания.

В настоящее время применяются два подхода к решению оптимизационных задач: прямые приближенные методы и обратные точные методы. В прямых методах искомая форма параметризуется, и искомые параметры находятся с помощью прямых методов оптимизации некоторой функции многих переменных. Обратные методы используют математический аппарат теории оптимального управления системами с распределенными параметрами, когда связи задачи учитываются с помощью множителей Лагранжа. Далее вычисляется первая вариация расширенного функционала, возникает сопряженная система для множителей Лагранжа и условие оптимальности. Совместное решение исходной и сопряженной систем, удовлетворяющее условию оптимальности, позволяет найти оптимальное решение.

В первой части главы рассматривается задача гашения колебаний быстро вращающихся стержней и гибких дисков. Используется обратный метод оптимизации. Афанасьевым В.С. разработан и применен алгоритм последовательной оптимизации, основанный на применении метода Галеркина, который позволяет найти вид управляющей функции и, тем самым, повысить скорость вращения без потери устойчивости.

Во второй части главы рассматривается задача о движении многослойной композитной пластины, состоящей из нескольких упругих слоев с различными механическими свойствами. Ставится задача определить толщины слоев, при которых критическая скорость движения полотна максимальна. Для решения задачи используется прямой метод оптимизации. Задача гашения колебаний сводится к максимизации критической скорости, которая является функцией толщин слоев. Решение задачи разбивается на два этапа: решение начально-краевой задачи с заданным набором толщин

слоев и максимизация вышеупомянутой функции многих переменных. Автор для решения задачи максимизации использует генетический алгоритм.

Приведенные примеры расчетов доказывают эффективность разработанных и применяемых в диссертации методов решения.

Достоверность научных положений и выводов работы основана на применении строгого математического аппарата, корректной постановке задач, согласовании полученных результатов с результатами проведенных в работе численных расчетов и сравнением с результатами исследований других авторов.

Наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем, изложены в диссертации и автореферате.

Замечания по тексту диссертации:

1. На стр. 32 в первой формуле обобщенных тепловых деформаций пропущен множитель $1/h$.
2. В выводах первой главы говорится, что рассмотрены применения метода Галеркина в случаях учета одной, двух и трех базисных функций. Однако для случая трех базисных функций результаты расчетов не приводятся.
3. Для задачи с разновысокими валками не приведены рисунки колебаний, иллюстрирующие решение уравнения Гаусса.
4. В списке литературы нет ссылки на монографию Ф.П. Васильева. Методы решения экстремальных задач. М.: Наука. 1981. 400 с., в которой решается задача о гашении вынужденных колебаний неподвижных струн и балок.

Указанные замечания не умаляют значимости полученных результатов и не снижают научной и практической ценности представленной работы.

Заключение

Представленная к защите диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно и на высоком научном уровне. Результаты диссертации представляют не только теоретический, но и практический интерес, достаточно полно опубликованы в ведущих научных периодических изданиях и доложены на научных конференциях и семинарах. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа Афанасьева В.С. «Повышение стабильности продольного движения упругих материалов» соответствует всем критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) в части, касающейся ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени

кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
профессор, ведущий научный сотрудник
Федерального исследовательского центра
"Информатика и управление" Российской академии наук
(119333, Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2)
Телефон: + 7(499)135-40-90
E-mail: mikh_igor@mail.ru



Михайлов Игорь Ефимович

