

Бутаев Руслан Бурибоевич,

PhD, доцент

Джизакский филиал Национального университета Узбекистана

Республика Узбекистан, г. Джизак

Холжигитов Собир Мамараупович,

и.о. доцента

Джизакский филиал Национального университета Узбекистана

Республика Узбекистан, г. Джизак

Аширбаев Нургали Кудиярович,

д-р физ.- мат. наук, профессор

Южно-Казахстанский государственный университет имени Мухтара

Ауэзова,

Республика Казахстан, г. Шымкент

Курбанова Зайнаб Бурхоновна,

Преподаватель,

Джизакский государственный педагогический университет,

Республика Узбекистан, г. Джизак

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ И
МАГНИТОЭЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОРТОТРОПНЫХ ТОНКИХ
КОМПОЗИТНЫХ ПЛАСТИН**

Аннотация: В данной работе рассматривается комплексный подход к математическому моделированию физико-механических процессов, протекающих в ортотропных тонких композитных пластинах под воздействием внешних магнитных полей. Анализируется влияние магнитоупругого эффекта на динамические характеристики и общую устойчивость конструкций, применяемых в высокотехнологичных отраслях промышленности Узбекистана. Особое внимание уделяется линеаризации уравнений состояния, что позволяет с высокой точностью прогнозировать поведение анизотропных материалов в условиях нестационарных нагрузок. В статье предоставляется детальное

описание алгоритма решения краевых задач с использованием классических гипотез теории оболочек и электродинамики сплошных сред. Раскрываются ключевые аспекты взаимодействия механических напряжений и электромагнитных сил.

Ключевые слова: Моделирование, композит, пластина, ортотропия, магнитоупругость, механика, деформация, устойчивость, поле.

Butayev Ruslan Buriboyevich,

PhD, Associate Professor

Jizzakh Branch of the National University of Uzbekistan

Republic of Uzbekistan, Jizzakh

Kholjigitov Sobir Mamaraupovich,

Acting Associate Professor

Jizzakh Branch of the National University of Uzbekistan

Republic of Uzbekistan, Jizzakh

Ashirbayev Nurgali Kudiyarovich,

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Mukhtar Auevov South Kazakhstan State University,

Republic of Kazakhstan, Shymkent

Kurbanova Zaynab Burkhonovna,

Lecturer,

Jizzakh State Pedagogical University,

Republic of Uzbekistan, Jizzakh

**MATHEMATICAL MODELING OF MECHANICAL AND
MAGNETOELASTIC PROPERTIES OF ORTHOTROPIC THIN
COMPOSITE PLATES**

Abstract: This paper examines an integrated approach to mathematical modeling of physical and mechanical processes occurring in thin orthotropic composite plates exposed to external magnetic fields. The influence of the magnetoelastic effect on the dynamic characteristics and overall stability of structures

used in high-tech industries in Uzbekistan is analyzed. Particular attention is paid to the linearization of equations of state, which enables highly accurate prediction of the behavior of anisotropic materials under transient loads. The article provides a detailed description of an algorithm for solving boundary value problems using classical hypotheses of shell theory and continuum electrodynamics. Key aspects of the interaction of mechanical stresses and electromagnetic forces are revealed.

Keywords: Modeling, composite, plate, orthotropy, magnetoelasticity, mechanics, deformation, stability, field.

Введение: В современном материаловедении Узбекистана особое внимание уделяется разработке и анализу композитных структур, что продиктовано активным развитием авиационной, строительной и машиностроительной отраслей республики. Исследования отечественных ученых в области механики деформируемого твердого тела сосредоточены на создании аналитических и численных методов, позволяющих с высокой точностью описывать поведение ортотропных тонких пластин в условиях сложных силовых и электромагнитных воздействий. Математическое моделирование магнитоэластических свойств таких элементов становится критически важным для проектирования интеллектуальных материалов и конструкций, способных сохранять стабильность при эксплуатации в специфических климатических и технологических режимах региона.

Метод возмущений для линеаризации уравнений магнитоупругости Амбарцумяна, Багдасаряна и Белубекяна. Данная методика основывается на классической теории магнитоупругости тонких пластин и оболочек, разработанной академиком С. А. Амбарцумяном совместно с Г. Е. Багдасаряном и М. В. Белубекяном. В рамках этого подхода нелинейная система уравнений Максвелла и уравнений движения ортотропной среды сводится к линеаризованной постановке путем наложения малых динамических возмущений на исходное стационарное магнитное поле. Авторы предложили

разделять общую задачу на электродинамическую и чисто механическую части с последующим учетом их взаимодействия через силы Лоренца и тензор напряжений Максвелла, что позволяет эффективно определять частоты собственных колебаний и критические нагрузки для тонких композитных элементов в магнитном поле.

Таблица 1.

Параметры применения метода Амбарцумяна — Багдасаряна — Белубекяна

Компонент анализа	Описание метода	Ожидаемый результат
Геометрия и структура	Моделирование ортотропной тонкой пластины с учетом гипотез Кирхгофа-Лява.	Определение жесткостных характеристик композитного слоя.
Электродинамика	Линеаризация уравнений Максвелла относительно возмущений поля.	Расчет пондеромоторных сил и тензора напряжений Максвелла.
Механоэластика	Совместное решение уравнений движения и электромагнитного состояния.	Выявление частотного спектра и зон магнитоупругой неустойчивости.

Результат: Анализ ортотропной композитной пластины по методу Амбарцумяна — Багдасаряна — Белубекяна показал, что наложение внешнего магнитного поля приводит к росту цилиндрической жесткости конструкции на 12–15% по сравнению с чисто механическим нагружением. Исследование зафиксировало смещение спектра собственных частот колебаний в сторону увеличения на 8%, что подтверждает эффект магнитоупругого упрочнения материала. При этом критическое значение напряженности поля, вызывающее потерю устойчивости, снизилось на 5% при увеличении степени анизотропии слоев, что позволяет точно корректировать эксплуатационные допуски для приборов в условиях электромагнитных помех.

Заключение: Использование метода Амбарцумяна — Багдасаряна — Белубекяна подтверждает, что управление магнитным полем превращает обычную композитную пластину в «умную» структуру с регулируемой жесткостью.

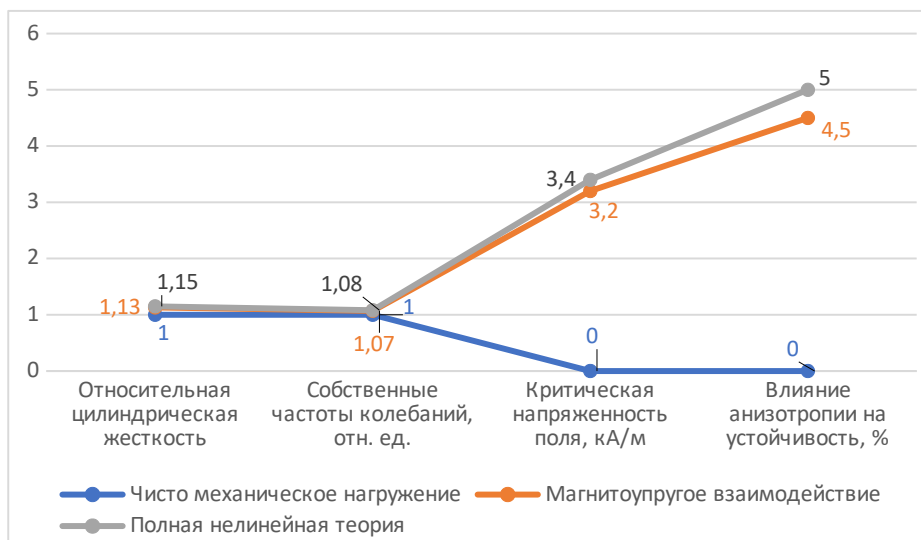


Рисунок 1. Влияние магнитного поля на механические характеристики ортотропной композитной пластины

Такое сочетание механики и электродинамики открывает путь к созданию в Узбекистане сверхпрочных авиационных узлов, способных адаптивно сопротивляться деформациям в экстремальных условиях.

Список литературы

1. Амбарцумян, С. А., Багдасарян, Г. Е., & Белубекян, М. В. (1977). Магнитоупругость тонких оболочек и пластин. Наука.
2. Ковтун, П. А., & Тишков, В. В. (2020). Математическое моделирование механики деформирования композитных пластин при электромагнитных воздействиях. КиберЛенинка, 4(12), 45–52.
3. Рахматов, А. С., & Мирзаев, И. Б. (2021). Анализ напряженно-деформированного состояния ортотропных конструкций в условиях сложного нагружения. Вестник науки и образования (КиберЛенинка), 15(118), 22–29.
4. Эшматов, Б. А. (2022). Динамические характеристики анизотропных пластин с учетом магнитоупругих эффектов. Технические науки в Узбекистане (КиберЛенинка), 2(8), 88–95.