

ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу
Ибраева Гулама-Гарипа Алишера Ерикжановича на тему «Динамика вертикальных роторных систем»,
представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D060300» - механика.

№п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:	Тема диссертации соответствует приоритетному направлению развития науки: Научные исследования в области естественных наук 2) Диссертация выполнена в рамках образовательной государственной программы: докторантура по специальности «6D060300» - механика.
		2) диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы); 3) диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление).	
2.	Важность для науки	Работа вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта.	Работа вносит существенный вклад в теорию механики машин и механизмов, в частности, в механику роторных систем с полостями, наполненными жидкостью. Ее важность обусловлена широким применением роторных систем в промышленности и в быту, поэтому изучение таких систем относится к числу самых актуальных инженерно-технических задач любой страны.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 2) средний	Представленные в диссертации результаты численных экспериментов по разработанным моделям, а также публикации автора (12, все в соавторстве) свидетельствуют о его высокой квалификации и достаточном уровне самостоятельности.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) обоснована	Актуальность темы исследования не вызывает сомнений. Диссертационная работа посвящена одной из важных проблем динамики машин и механизмов, связанной с проектированием роторных систем, обеспечением их устойчивости и надежности при эксплуатации.

			<p>Представленный обзор специальной литературы по этой тематике свидетельствует о знании автора о достижениях в этом направлении и современном состоянии вопроса, обусловившем тему диссертации.</p> <p>Работа выполнена на высоком научном уровне с использованием классических методов аналитического и численного анализа, а также современного аппарата нелинейной теории колебаний применительно к задачам динамики машин, что расширяет возможности известных моделей и вносит новизну в их исследовательский аппарат, т.к. учёт нелинейных свойств элементов является одной из проблем современной динамики машин и актуален для большого класса механизмов и машин.</p>
		<p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) отражает</p>	<p>Содержание полностью соответствует теме диссертации.</p> <p>В частности, разработаны</p> <ul style="list-style-type: none"> - математическая модель сложной системы «ротор-жидкость-фундамент» с учетом наличия жидкости в полости ротора, подвижности фундамента и нелинейности взаимодействия опор и механизма; - методика определения амплитуд собственных и вынужденных колебаний этой системы; - методика определения критических и резонансных частот; - математическая модель системы «ротор-фундамент» с учетом подвижности фундамента и нелинейности взаимодействия опор и механизма; - методика определения резонансных частот этой системы со многими степенями свободы методом эллиптических функций Якоби. - математическая модель процесса сепарации твердых частиц в роторной системе и методика расчёта основных характеристик процесса. - На основе разработанных методик проведены численные эксперименты, результаты которых и их анализ представлены в каждом разделе диссертации
		<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) соответствуют</p>	<p>Цель и задачи соответствуют теме диссертации.</p>

		<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) полностью взаимосвязаны</p>	<p>Все разделы и положения диссертации, посвящены исследованию динамики обобщенных моделей роторных систем и логически полностью взаимосвязаны.</p>
		<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) критический анализ есть</p>	<p>Аргументация построенных автором новых моделей и полученных решений достаточно убедительна и доказательна, не вызывает особых нареканий. Проведенные в диссертации исследования нелинейных колебаний системы «ротор-жидкость-фундамент» на подшипниках качения, процесса седиментации твердых тонкоизмельченных частиц в вертикальных роторных системах сравнены и сопоставлены с известными моделями И.Ковачича, А.Тондла, Л.Цветицанин, Т.Ямамото и др. и проведен критический анализ при их сопоставлении.</p>
5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) полностью новые</p>	<p>Полученные автором научные результаты и положения являются новыми.</p> <p>- Создана новая обобщенная динамическая модель вертикальной системы «ротор-жидкость-фундамент», позволяющая исследовать динамику движений вертикального ротора на подшипниках качения с жидкостью, взаимосвязанную с движением фундамента. Построение модели проведено с учетом давления жидкости, смещения центра масс ротора от его геометрического центра, диссипации энергии при взаимодействии с фундаментом, нелинейности взаимодействия, описываемой полиномом третьей степени от относительного смещения центров масс ротора и фундамента. Разработана новая методика расчёта амплитуд собственных и вынужденных нелинейных колебаний, критических и резонансных частот для таких систем.</p> <p>- Разработана математическая модель системы «ротор-фундамент» с учетом подвижности фундамента и нелинейности взаимодействия опор и механизма и методика определения резонансных частот. Получено новое решение уравнений в комплексных переменных для этой модели методом эллиптических функций Якоби .</p> <p>- Разработана математическая модель процесса сепарации твердых частиц в роторной системе «диск с сепарационными стаканчиками» и методика расчёта основных характеристик процесса. Впервые разработана методика расчёта основных характеристик процесса сепарации твердых частиц. Получены соотношения, позволяющие</p>

			рассчитать время и траекторию седиментации твердых частиц в суспензии при разных начальных угловых скоростях ротора
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) полностью новые	Выводы диссертации соответственно результатам диссертации являются новыми.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) полностью новые	На основе новых разработанных технологических решений был получен патент на новую модель центрифуги непрерывного действия, полезную для технического использования. Копия патента представлена в Приложении А к диссертации.
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах	Представленные модели основаны на использовании для моделирования этих систем классических моделей и методов механики твердого тела, теоретической механики и гидромеханики. При разработке математической модели системы «твердое тело-жидкость» построены уравнения Лагранжа второго рода для определения движения центров масс ротора и фундамента. Движение (вращение) несжимаемой жидкости описывается гидродинамическими уравнениями Эйлера. Нелинейная характеристика динамического воздействия подшипников качения моделируется результирующей силой, действующей на ротор в соответствии с контактной теорией Герца. Построенные автором решения уравнений Эйлера для заданного движения ротора с введением скалярного потенциала (функции тока) используются для определения давления жидкости на его движение. Для нахождения решений нелинейных дифференциальных уравнений Лагранжа используются метод комплексных амплитуд, метод гармонического баланса и др. Для определения амплитуды вынужденных и собственных колебаний, субгармонических и ультрагармонических колебаний ротора и фундамента используются методы теории нелинейных колебаний.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности. 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано 7.2 Является ли тривиальным? 2) нет 7.3 Является ли новым?	На защиту представлены: 1. обобщённая динамическая и математическая модель системы «ротор-жидкость-фундамент», позволяющая исследовать динамику взаимосвязанных движений вертикальных роторов с жидкостью при наличии нелинейности и фундаментом установки (7.1 – доказано, 7.2 – нетривиальная, 7.3 - новая, 7.4 – средний, 7.5 – да); 2. аналитическая методика расчёта амплитуд собственных и

		<p>1) да 7.4 Уровень для применения:</p> <p>2) средний 7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) да</p>	<p>вынужденных колебаний, критических и резонансных частот вертикальных роторных систем с полостями, частично заполненными жидкостью при учете нелинейности взаимодействия с фундаментом механизма (7.1 –доказано, 7.2 – нетривиальная, 7.3 - новая, 7.4 – средний, 7.5 – да) ;</p> <p>3. методика расчёта основных характеристик процесса сепарации твердых частиц в вертикальных роторных системах (7.1 –доказано, 7.2 – нетривиальная, 7.3 - новая, 7.4 – средний, 7.5 – да) .</p> <p>4. математическая модель и методика расчета системы «ротор-фундамент», позволяющая исследовать динамику взаимосвязанных движений вертикальных роторов при наличии нелинейности с фундаментом фундаментом установки (7.1 –доказано, 7.2 – нетривиальная, 7.3 - новая, 7.4 – средний, 7.5 – да) ;</p> <p>5. математическая модель процесса сепарации твердых частиц в роторной системе «диск с сепарационными стаканчиками» и методика расчёта основных характеристик процесса (7.1 –доказано, 7.2 – нетривиальная, 7.3 - новая, 7.4 – средний, 7.5 – да).</p> <p>Все положения, выносимые на защиту, обоснованы и доказаны, апробированы на международных конференциях и представлены публикациями в международных рейтинговых журналах, рецензируемых наукометрическими базами данных Scopus и WOS (12 публикаций, из них 2 с высоким импакт-фактором).</p>
8.	Принцип достоверности. Достоверность источников и предоставляемой информации	<p>8.1 Выбор методологии – обоснован или методология достаточно подробно описана</p> <p>1) да</p> <p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:</p> <p>1) да</p>	<p>Используемая методология обоснована и достаточно подробно описана.</p> <p>Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий.</p>

		<p>8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием 1) да</p>	<p>Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности в целом доказаны. Однако есть <i>замечания</i>, связанные с приведенными выкладками при получении расчетных формул. 1. Не представлена функция Лагранжа при выводе уравнений Лагранжа (8), как и обобщенных сил соответственно обобщенным степеням свободы. Здесь надо было написать подробнее. 2. В формуле (17) автор дает два представления перемещений жидкости через скалярный потенциал (функцию тока) и второе, через векторный потенциал (вихревой). Поставленный между ними знак соответствия здесь абсолютно неуместен. И кроме того почему для построения решения используется функция тока, хотя движение жидкости явно вихревое? 3. Система алгебраических уравнений (28)-(30) для определения четырех неизвестных констант в решении гидродинамической задачи – нелинейная. Как строилось ее решение? В диссертации его нет. 4. Нет подробного описания методики вывода формул (34) для амплитуд собственных колебаний системы «ротор-фундамент». Если бы система (31) была линейной, то здесь не было вопроса. Но она существенно нелинейная и это описание надо было привести</p>
		<p>8.4 Важные утверждения подтверждены /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.</p>	<p>Все утверждения подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.</p>
		<p>8.5 Используемые источники литературы достаточны для литературного обзора.</p>	<p>Библиографический обзор отражает современное состояние в исследовании роторных систем на основе методов математического моделирования с использованием моделей механики твердого тела и достаточен для обоснования актуальности и постановки задач диссертации.</p>
9	Принцип практической ценности	<p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да</p>	<p>Полученные в диссертации результаты являются ценным вкладом в теорию динамики машин и механизмов. Результаты работы являются научной базой для совершенствования исследований в нелинейной динамике вертикальных роторных систем с полостями, частично заполненными жидкостью; при конструировании новых вертикальных роторных машин позволяют с наименьшими затратами</p>

			средств провести предпроектные вычислительные эксперименты, дать качественные и количественные характеристики процесса, сократить сроки проектирования, повысить качество и надёжность их работы.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да	Высокая вероятность применения полученных результатов на практике. Практическая значимость представленной работы направлена на изучение влияния нелинейности на производственный процесс роторных устройств, а также на исследование динамики вертикальных центрифуг непрерывного действия, используемых в очистке нефти от других компонентов, выделение ценных элементов из тяжелой нефти, парафина из легких углеводов.
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые	Предложения для практики являются полностью новыми.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 2) среднее	Изложение полученных результатов в ряде мест очень лаконично, что затрудняет чтение диссертации. Графический материал по результатам расчетов тоже можно было представить в более аккуратном виде с уменьшением масштаба изображения.

Считаю возможным присудить степень доктора философии (PhD).

Официальный рецензент

доктор физико-математических наук, профессор,
ГНС РГП «Институт математики и математического моделирования»

07.12.2021



Алексеева Л.А.