

## ОТЗЫВ

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

### **1.Актуальность и востребованность темы диссертации.**

В настоящее время выполняется большой объем исследовательских работ в области моделирования различных физических процессов, в частности, относящихся к динамике современных роторных конструкций, эксплуатируемых в условиях высоких скоростях вращения и интенсивных кратковременных нагрузках. Диссертационная работ Ибраева Г.А.Е., посвящена к исследованию динамику систему «ротор-жидкость-фундамент», сепарации твердых частиц в вертикальных роторных системах. Необходимость совершенствования существующих и создание новых динамических моделей системы продиктована учетом упругости опор фундамента и нелинейных жесткостных свойств подшипников качения при высоких скоростях вращения ротора, отсутствием эффективных методов изучения нелинейных свойств колебаний роторных систем, игнорирование которых не позволяют реально оценить динамического состояние системы. В работе усовершенствована методика определения амплитуд собственных и вынужденных колебаний системы «ротор-жидкость-фундамент» на подшипниках качения с нелинейной характеристикой.

Эти и другие обстоятельства указывают на актуальность темы исследования.

### **2.Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами учреждения, где выполнена диссертация.**

Работа выполнена в рамках прикладных исследований в области механики по приоритету энергетики и машиностроения «Проектирование и исследование динамики роторных машин для разделения многофазных жидких сред с учетом нелинейности опор и действия высокочастотного электромагнитного поля АР08856167 (2020-2022 гг.)

### **3.Цель исследования**

Усовершенствование существующих и создание новых взаимосвязанных колебаний нелинейных роторных систем «ротор-жидкость-фундамент» а также исследование в таких системах процесса сепарации твердых частиц

### **4.Объектом исследования**

Роторная система, состоящая из ротора на подшипниках качения с нелинейной характеристикой, частична заполненная жидкостью полость и фундамент с упругими опорами

### **5.Предметом исследования**

Механические колебания системы «ротор-жидкость –фундамент» с линейными и нелинейными характеристиками

## **6. Методы исследования**

Использованы современные методы моделирования физических процессов в области теоретической механики и механики деформируемого твердого тела, апробированные аналитические методы теории линейных и нелинейных колебаний, применения известных методов аналитического и численного решения задач

## **7. Достоверность результатов исследования**

подтверждается использованием основных положений теоретической механики, теории упругости, гидродинамики и методов моделирования физических процессов, а также сравнение результатов с данными полученными другими авторами

## **8. Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов заключается: развита научная база для дальнейшего совершенствования методов исследований в области нелинейных колебаний роторных систем с полостью, частично заполненных жидкостью и взаимодействующих с фундаментом на упругих опорах, а также применение гидродинамических расчетов для решения задач сепарации в многофазных средах. Практическая значимость заключается: изучение влияния нелинейности на производственный процесс роторных устройств, а также исследование динамики вертикальных центрифуг непрерывного действия.

## **9. Краткое содержание диссертации .**

Работа состоит из введения, трех глав и заключения

Во введении обоснована актуальность темы исследования, изложена цель работы, объект, предмет и методы исследования, научная новизна, научно-практическая значимость работы

**В первом разделе** изложено состояние проблемы дан обзор литературы, проведен анализ нелинейных колебаний системы «ротор-жидкость-фундамент». Составлена система нелинейных уравнений, описывающая движение ротора на подшипниках качения, фундамента с нелинейными упругими опорами. Предложены двумерные уравнения движений ротора и фундамента. Для описания двумерного движения жидкости, частично заполняющая полость, использована модель несжимаемой жидкости. При постоянной скорости ротора, получены нелинейные уравнения для определения комплексных амплитуд собственных колебаний системы при кубической зависимости упругих сил от перемещения. Анализированы амплитудные частотные характеристик (АЧХ) фундамента с опорой и ротора, полость которого частично заполнена жидкостью. Выявлены закономерности, представляющие теоретически и практически интерес. Так, например, установлено, что уменьшение количества жидкости в полости ротора приводит к смещению третьего резонанса в сторону меньших угловых частот. В линейном случае уменьшение амплитуд ротора наблюдается при увеличении массы фундамента, так как в этом случае в качестве антигруза выступает сам фундамент. Установлены интервалы изменения рабочей скорости ротора, при котором обеспечивается стабильная работа системы

Во втором разделе построена динамическая модель ротора установленного на подвижном фундаменте с учетом нелинейности упругих опор. Разработан метод решения нелинейного уравнения типа Дуффинга, где используются эллиптические функции Якоби, и позволяющие рассчитать динамические характеристики колебаний фундамента с учетом нелинейных свойств опоры, а также возможность возникновения неуровновешенность ротора. Нелинейная восстанавливающая сила в контактных поверхностях описана согласно теории Герца и составлена система уравнений двумерных движений ротора и фундамента. Для каждой из них построены АЧХ при вынужденных колебаниях. Применение эллиптических функций для анализа АЧХ является более эффективными чем другие, позволяет определить более точные значения частот срыва амплитуд и их максимальные значения. В разделе также более подробно представлен анализ влияния различных факторов на динамические характеристики колебаний ротора и фундамента. В частности, установлено, что уменьшении нелинейности величины амплитуд второго резонанса не меняют своего значения, тогда как частота срыва амплитуд смещается в направлении уменьшения частот, причем наклон кривой амплитудно-частотной характеристики при нелинейном резонансе уменьшается, вырождаясь в линейный случай.

В третьем разделе проведен анализ процессов сепарации и седиментации твердых частиц многофазных сред в центрифуге.

В отличие от ранее рассмотренных случаев, где учитывались движения частицы только по оси пробирки, а величины угловой скорости вращения ротора, пробирок и угол их наклона являлись постоянными величинами. здесь рассматривается пространственное движение частицы, и для полной оценки процесса разделения твердых частиц из жидкости величины угловой скорости вращения ротора, пробирок и угол их наклона являются переменными величинами, зависящими от времени. При определенных допущениях составлена система трехмерного нелинейного уравнения движения частицы суспензии. Рассмотрены частные случаи и установлены различные закономерности процесса седиментации. Так например, показан рост седиментации при высокой скорости вращения ротора и для избежания разгона роторной системы установлен оптимальный угол наклона пробирок, одновременно удовлетворяющий условию по седиментации твердых частиц эмульсии.

**10. Научная новизна результатов исследований** заключается в следующем:

- Обнаружены ранее неизвестные характерные особенности колебательного процесса для системы со многими степенями свободы и нелинейного ее поведения, обусловленного совместными колебаниями ротора и фундамента. В частности, установлено, что появление третьего резонанса и гашение амплитуд ротора при уменьшении массы фундамента исключительно является особенностью нелинейной системы.

-сравнивая амплитудно-частотных характеристик, полученных из линейного и нелинейного случаев, установлены значения частот, при которых появляется возможность возникновения суб- и ультрагармонических резонансов.

- определены оптимальные параметры связанные с неуравновешенностью ротора, массой фундамента, количеством жидкости в полости ротора, коэффициентами жесткости и демпфирования, при которых величины амплитуд имеют оптимальные значения

-рекомендован путем подбора параметров системы (и массы фундамента, нелинейности восстанавливающей силы, коэффициентов демпфирования и величины неуравновешанности) возможность гашение вредных колебаний ротора

- показано, что для роторных систем средний размер твердых частиц, является главным параметром, характеризующим производительность системы и по анализу кривых седиментации при различных значениях коэффициента сопротивления среды, установлено, что рост вязкости жидкости приводит к увеличению времени сепарации.

### **11. Внедрение результатов исследований**

Результаты исследований рекомендованы использовать в нефтеперерабатывающей и легкой промышленности, в медицине, а также в других областях, использующих сепарационные устройства для уточнения инженерных данных за счет использования современных научных методов В приложении представлен патент на полезную модель «Подвесная центрифуга непрерывного действия с высокочастотным электромагнитным полем»

**12. Апробация работы.** Основные результаты работы докладывались в 3-х республиканских, 7- международных семинарах и конференциях Основные научные результаты диссертации отражены в 12 статьях а именно в 3 статьях, опубликованных в научных изданиях, входящих в перечень рекомендованных ККСОН МОН РК для публикации основных результатов научной деятельности, в 4 статьях, опубликованных в научных журналах индексируемых базой данных Scopus, в 6 статьях опубликованных в материалах международных конференций.

### **13. По диссертации имеются следующие замечания и пожелания**

1. В работе отсутствуют материалы (акты внедрения), подтверждающие возможность практического использования результатов исследования в производстве

2. Не проведен дисперсионный анализ результатов и не построены кривые дисперсии, с помощью которых можно было оценить влияния нелинейности на амплитуды колебаний и коэффициент затухания

3. Следовало более подробно анализировать вопросы влияния скорости потока жидкости в полостях ротора и жесткости упругих опор фундамента на процесс сепарации

4. В недостаточной степени представлен сравнительный анализ результатов исследований с экспериментальными данными и данными других авторов

5. В заключениях, представленных в конце каждого разделе, а также в общем заключении, отсутствуют подробные оценки результатов исследований.

6. Выводы по оценке влияния нелинейности и рол взаимосвязи элементов роторной системы получены в основном при внешних гармонических воздействиях, желательно было бы рассмотреть случай кратковременных воздействий.

### **Заключение**

Указанные замечание в большей степени носят характер пожелания, и не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертация и опубликованные работы полностью соответствуют вышеуказанной специальности. Результаты исследований вносят существенный вклад в теории развития и решения важных прикладных задач механики. Представленные выводы являются новыми, представляет определенную ценность для изучения технологических процессов с нелинейными явлениями.

Считаю, что диссертация удовлетворяет требованиям, предъявляемым ККСОН МОН Республики Казахстан к работе на соискание ученой степени доктора философии ( PhD) по специальности 6D060300 – Механика, а ее автор **Ибраев Гулям-Гарип Алишер Ерикжанович** достоин присуждения ему искомой степени.

### **Официальный рецензент:**

доктор физико-математических наук,  
профессор

Ташкентского института текстильной  
и легкой промышленности



— Мардонов Б.

## 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	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиций 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: 1) диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы); 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).	Тема диссертации соответствует приоритетному направлению развития науки. Диссертация выполнена в рамках образовательной государственной программы: докторантура по специальности 6D060300 – механика. Диссертационная работа, посвящена исследованию динамики современных роторных конструкций, эксплуатируемых в условиях высоких скоростей вращения и интенсивных кратковременных нагрузках. <i>Замечание. В работе отсутствуют материалы, подтверждающие возможность практического использования результатов исследования.</i>
2.	Важность для науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта.	Работа вносит существенный вклад в развитие основы механики роторных установок, по дальнейшему совершенствованию методов их расчета. Представленное заключение по анализу данных литературных источников в диссертации позволяют утвердить важность проведения исследований в этом направлении.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) высокий; 2) средний; 3) низкий; 4) самостоятельности нет.	Уровень самостоятельности выполненной работы высокий. В ней использованы апробированные методы математического моделирования физических процессов, численной реализации на ЭВМ. <i>Замечание. Не проведен дисперсионный анализ результатов и не построены кривые дисперсии, с помощью которых можно было оценить влияние нелинейности на амплитуды колебаний и коэффициента затухания.</i>
4.	Принцип	4.1 Обоснование актуальности диссертации:	В литературном обзоре диссертации в достаточной степени

внутреннего единства	<p>1) обоснована; 2) частично обоснована; 3) не обоснована.</p>	<p>обоснованы актуальность темы исследований в различных отраслях механики, в частности, в расчётах основных характеристик процесса сепарации твердых частиц в вертикальных роторных системах. <i>Замечание.</i> Следовало более подробно анализировать вопросы влияния скорости потока жидкости в полостях ротора и жесткости фундамента на процесс сепарации.</p>
4.2	<p>Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <b>отражает</b>; 2) частично отражает; 3) не отражает.</p>	<p>Содержание диссертационной работы, состоящей из введения, трех глав и заключения отражает тему диссертации.</p>
4.3	<p>Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <b>соответствуют</b>; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют.</p>	<p>Поставленная цель и задача исследований соответствуют теме диссертации.</p>
4.4	<p>Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <b>полностью взаимосвязаны</b>; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует.</p>	<p>В диссертации соблюден принцип внутреннего единства, разделы логически взаимосвязаны. Во введении обоснована актуальность темы исследования, изложена цель работы, объект, предмет и методы исследования, научная новизна, научно-практическая значимость работы. В первом разделе изложено состояние проблемы, дан обзор литературы, проведен анализ нелинейных колебаний системы «ротор-жидкость-фундамент». Во втором разделе построена динамическая модель ротора, установленного на подвижном фундаменте с учетом нелинейности упругих опор. В третьем разделе проведен анализ процессов сепарации и седиментации твердых частиц в многофазных средах в центрифуге.</p>
4.5	<p>Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по</p>	<p><i>Замечание.</i> В заключениях, представленных в конце каждого раздела, отсутствуют подробные оценки результатов в достижении принятой в цели и задачи исследований. В недостаточной степени представлены сравнительный анализ результатов исследований с экспериментальными данными и данными других авторов.</p>
		<p>Указано на отсутствие эффективных методов изучения нелинейных свойств колебаний роторных систем, игнорирование</p>

	<p>сравнению с известными решениями:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>критический анализ есть;</b></li> <li>2) анализ частичный;</li> <li>3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов.</li> </ol>	<p>которых не позволяют реально оценить динамическое состояние системы. Усовершенствована методика определения амплитуд собственных и вынужденных колебаний системы «ротор-жидкость-фундамент» на подшипниках качения с нелинейной характеристикой.</p>
<p>5. Принцип научной новизны</p>	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>полностью новые;</b></li> <li>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</li> <li>3) не новые (новыми являются менее 25%).</li> </ol> <p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>полностью новые;</b></li> <li>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</li> <li>3) не новые (новыми являются менее 25%).</li> </ol> <p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>полностью новые;</b></li> <li>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</li> <li>3) не новые (новыми являются менее 25%).</li> </ol>	<p>Представленные результаты исследований новые. Установлены ранее не обнаруженные характерные особенности для системы со многими степенями свободы суб- и ультрагармонических колебаний, установлены закономерности нелинейного поведения системы, обусловленные колебаниями фундамента.</p> <p>Представленные выводы в целом являются полностью новыми, имеют определенную ценность области механики и изучения технологических процессов с нелинейными явлениями.</p> <p><i>Замечание. Выводы по оценке влияния нелинейности и роль взаимосвязи элементов роторной системы получены в основном при внешних гармонических воздействиях, желательно было бы рассмотреть случай кратковременных воздействий.</i></p> <p>Результаты являются полностью новыми и вносят значительный вклад в развитие теории и практики по усовершенствованию роторных систем.</p>
<p>6. Обоснованность основных выводов</p>	<p>Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно <b>хорошо обоснованы</b> (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).</p>	<p>Все основные выводы хорошо обоснованы путем применения современных принципов системного анализа физических процессов, методов их математического моделирования.</p>
<p>7. Основные положения,</p>	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности.</p>	



<p>8.</p> <p>Выносимые на защиту</p> <p>Принцип достоверности. Достоверность источников и предоставляемой информации</p>	<p>7.1 Доказано ли положение? 1) <b>доказано</b>; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано.</p> <p>7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) <b>нет</b>.</p> <p>7.3 Является ли новым? 1) да; 2) <b>нет</b>.</p> <p>7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) <b>средний</b>; 3) широкий.</p> <p>7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) <b>нет</b>.</p> <p>8.1 Выбор методологии – обоснован или методология достаточно подробно описана: 1) да; 2) <b>нет</b>.</p> <p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) да; 2) <b>нет</b>.</p> <p>8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе</p>	<p>7.1 Результаты исследований в полной мере соответствуют основным положениям, представленным в диссертации.</p> <p>7.2. Результаты исследования не являются тривиальными, поскольку они получены впервые и обобщают ранее известные данные.</p> <p>7.3. Результаты являются решением новых постановок задач колебаний систем «ротор-жидкость-фундамент», что указывают на их новизну.</p> <p>7.4. Уровень применения средний.</p> <p>7.5. Опубликованные статьи в целом отражают содержание диссертации.</p> <p>Методология достаточно подробно описана. Обоснована актуальность темы диссертации, представлены цели задачи исследований, внесены основные защищаемые положения, принципы внутреннего единства диссертации соблюдены.</p> <p>Да. <i>Замечание. Следует отметить, что отсутствие в приложениях работы программы и алгоритмов расчета затрудняет практическое использование результатов.</i></p> <p>Непосредственные эксперименты не проведены.</p>
--	---	---

	педагогического эксперимента): 1) да; 2) нет.	Важные утверждения подтверждены ссылками на актуальную достоверную научную литературу и сравнением результатов с ранее известными данными.
	8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Важные утверждения подтверждены ссылками на актуальную достоверную научную литературу и сравнением результатов с ранее известными данными.
	8.5 Использованные источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора.	Использованные источники литературы достаточны для литературного обзора.
9	Принцип практической ценности  9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет.  9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет.  9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Да.  Результаты исследований могут быть использованы для изучения колебаний широко применяемых в современной технике быстро вращающихся тел (различные гироскопические устройства, турбогенераторы, газовые и паровые турбины), а также авиационной и ракетной техники.  Предложенные рекомендации по использованию результатов на практике являются частично новыми.
10.	Качество написания и оформления  Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Высокое.

Считаю возможным присудить степень доктора философии (PhD) по специальности 6D060300 – механика.

**Официальный рецензент:**

доктор физико-математических наук,

профессор,

Ташкенский институт текстильной и легкой промышленности



Мардонов Б.

**«6D060300 – механика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған  
Ибраев Гулама-Гарип Алишер Ериксановичтің «Вертикаль роторлық жүйелер динамикасы» тақырыбындағы  
диссертациялық жұмысына ресми рецензенттің**

**СЫН-ШҚІРІ**

p/н №	Критерийлер	Критерийлер сәйкестігі (жауап нұсқаларының бірін белгілеп өту қажет)	Ресми рецензент ұстанымының негіздемесі
1.	Диссертация тақырыбының (бекіту күніне) ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкес болуы	1.1 Ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі: 1) диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның немесе нысаналы бағдарламаның аясында орындалған (жобаның немесе бағдарламаның атауы мен нөмірі); 2) диссертация басқа мемлекеттік бағдарлама аясында орындалған (бағдарламаның атауы); 3) диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағытына сәйкес (бағытын көрсету).	Диссертация тақырыбы ғылым дамуының басымды бағытына сай болып табылады.  Диссертация: «6D060300 – механика» мамандығы бойынша докторантура мемлекеттік оқу бағдарламасының аясында орындалған. Диссертациялық жұмыс айналу жылдамдықтары жоғары және қысқа мерзімді қарқынды жүктемелер жағдайында қолданылатын заманауи роторлық жүйелер динамикасын зерттеуге арналған. <i>Ескерту. Жұмыста зерттеу нәтижелерін практикалық қолданымның мүмкіндіктерін кепілдік беретін материалдар келтірілмеген.</i>
2.	Ғылымға маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін қосады/қоспайды, ал оның маңыздылығы жақсы ашылған/ашылмаған.	Жұмыс роторлық қондырғылар механикасының негізін дамытуға және оларды есептеу әдістерін әрі қарай жетілдіруге айтарлықтай үлес қосады. Диссертацияда ұсынылған әлебиеттерді талдаудың қорытындысы бұл бағыттағы зерттеулер жүргізудің өте өзекті екендігіне көз жеткізеді.
3.	Дербестілік принципі	Дербестілік деңгейі: 1) жоғары; 2) орташа;	Жұмыстың дербестілік деңгейі жоғары. Жұмыста физикалық үдерістерді математикалық моделдеудің апробациядан өткен, ЭЕМ-де сандық түрде жүзеге асыру әдістері қолданылған.

4.	Ішкі біртұтастық принципі	<p>3) төмен; 4) өзі жазбаған.</p> <p>4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі: 1) <b>негізделген</b>; 2) жартылай негізделген; 3) негізделмеген.</p> <p>4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды 1) <b>айқындайды</b>; 2) жартылай айқындайды; 3) айқындамайды.</p> <p>4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді: 1) <b>сәйкес келеді</b>; 2) жартылай сәйкес келеді; 3) сәйкес келмейді.</p> <p>4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен құрылысы логикалық байланысқан: 1) <b>толық байланысқан</b>; 2) жартылай байланысқан; 3) байланыс жоқ.</p>	<p><i>Ескерту. Нәтижелердің дисперсиялық талдауы жасалмаған және бейсызықтықтың тербеліс амплитудасы мен өшу коэффициентіне ықпалын зерттеуге мүмкіндік беретін дисперсия қисықтары салынбаған.</i></p> <p>Диссертацияның әдебиеттерге шолуында механиканың түрлі салаларындағы, дербес жағдайда вертикаль роторлық жүйелердегі қатты бөлшектердің сепарациясы үдерісінің негізгі сипаттамаларын зерттеудегі тақырыптың өзектілігі жеткілікті негізделген.</p> <p><i>Ескерту. Сепарация үдерісіне ротор қуысындағы сұйықтықтың жылдамдығы мен фундамент қатаңдығының ықпалы туралы мәселелерді мейлінше талдай түсу қажет еді.</i></p> <p>Кіріспеден, үш тараудағы және қорытындыдан тұратын диссертациялық жұмыс мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды.</p>	<p>Зерттеу мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді.</p>
			<p>Диссертацияда ішкі біртұтастық қағидасы сақталған, тараулар өзара логикалық толық байланысқан. Кіріспеде зерттеудің өзектілігі негізделіп, жұмыстың мақсаты, зерттеудің пәні мен әдістері, ғылыми жаңалығы, жұмыстың ғылыми-практикалық маңызы баяндалған. Бірінші тарауда есептің қазіргі жағдайы баяндалып, әдебиеттерге шолу жасалып, «ротор-сұйықтық-фундамент» жүйесінің бейсызықтық тербелістеріне талдау жүргізілген. Екінші тарауда серпінді тіректердің бейсызықтығын ескергендегі жылжымалы фундаменте орналасқан ротордың динамикалық моделі құрылған. Үшінші тарауда көп-фазалы ортадағы қатты бөлшектердің центрифугадағы сепарациясы мен седиментациясы үдерістеріне талдау жүргізілген.</p> <p><i>Ескерту. Әрбір тараудың соңындағы қорытындыларда зерттеудің қабылданған мақсаты мен міндеттерінің нәтижесіне толық баға берілмеген. Зерттеу нәтижелерінің эксперименттік мәліметтермен және басқа авторлар алған нәтижелермен салыстырмалы талдауы жеткілікті дәрежеде жасалмаған.</i></p>	

		<p>4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидағтар, әдістер) делелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>сыни талдау бар;</b></li> <li>2) талдау жартылай жүргізілген;</li> <li>3) талдау өз пікірін емес, басқа авторлардың сiлтемелеріне негізделген.</li> </ol>	<p>Жүйелердің динамикалық күйін нақты бағалауға мүмкіндік бермейтін роторлық жүйелердің бейсызықты тербелістер қасиеттерін зерттеудің эффективті әдістердің жоқтығы көрсетілді. Бейсызықтық сипаттамалы домалау мойынтіректеріндегі «ротор-сұйықтық-фундамент» жүйесінің мәжбүр және меншікті тербелістерінің амплитудасын анықтау тәсілі жетілдірілді.</p>
5.	Ғылыми жаңашылдық принципi	<p>5.1 Ғылыми нәтижелер мен қағидағтар жаңа болып табыла ма?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>толығымен жаңа;</b></li> <li>2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады);</li> <li>3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады).</li> </ol> <p>5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа болып табыла ма?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>толығымен жаңа;</b></li> <li>2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады);</li> <li>3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады).</li> </ol> <p>5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>толығымен жаңа;</b></li> <li>2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады);</li> <li>3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады).</li> </ol>	<p>Ұсынылған зерттеу нәтижелері толығымен жаңа. Еркiндiк дәрежесi көп жүйедегi субгармоникалық және ультрагармоникалық тербелiстердiң бұрын байқалмаған қасиеттерi, фундамент тербелiсiмен байланысты жүйе қалпының бейсызықтық заңдылығы тағайындалған.</p> <p>Ұсынылған қорытындылар толықтай жаңа, механика мен бейсызықтық құбылысты технологиялық үдерiстердi зерттеу облысында құндылыққа ие.</p> <p><i>Ескерту. Бейсызықтылық ықпалы мен роторлық жүйе элементтерінің өзара әсерлесуін базалау негізінен сыртқы гармоникалық әрекеттер кезінде қарастырылған. Қысқа мерзімді әсерлер жағдайын қарастырған жөн болар еді.</i></p> <p>Нәтижелер толығымен жаңа және роторлық жүйелерді жетілдіру теориясы мен практикасын дамытуға айтарлықтай үлес қосады.</p>
6.	Негізгі қорытындылардың негізділігі	<p>Барлық қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды делелдемелерде негізделген/негізделмеген немесе жеткілікті түрде <b>жақсы негізделген</b> (qualitative research және өнертану және гуманитарлық</p>	<p>Барлық негізгі қорытындылар физикалық үдерістерді талдаудың және оларды математикалық моделдеудің заманауи қағидағтарын қолдану арқылы жақсы негізделген.</p>

		бағыттары бойынша).	
7.	Қорғауға шығарылған негізгі қағидағтар	<p>Әр қағидағ бойынша келесі сұрақтарға жауап беру қажет:</p> <p>7.1 Қағидағ дәлелденді ме?  1) дәлелденді;  2) шамамен дәлелденді;  3) шамамен дәлелденбеді;  4) дәлелденбеді.</p> <p>7.2 Тривиалды ма?  1) ия;  2) жоқ.</p> <p>7.3 Жаңа ма?  1) ия;  2) жоқ.</p> <p>7.4 Қолдану деңгейі:  1) тар;  2) орташа;  3) кең.</p> <p>7.5 Мақалада дәлелденген бе?  1) ия;  2) жоқ.</p>	<p>7.1 Зерттеу нәтижелері диссертацияда келтірілген негізгі ережелерге толық сәйкес келеді.</p> <p>7.2. Зерттеу нәтижелері тривиалды емес, өйткені олар тұңғыш рет алынған және бұрынғы белгілі мәліметтерді жалпылайды.</p> <p>7.3. Зерттеу нәтижелері жаңа, өйткені «ротор-сұйықтық-фундамент» жүйесі тербелісінің есебі жаңа қойылымда қарастырылады.</p> <p>7.4. Қолдану деңгейі орташа.</p> <p>7.5. Жарық көрген мақалаларда жалпы түрде диссертация мазмұны толығымен қамтылған.</p>
8.	Дәйектілік принципі. Дереккөздер мен	8.1 Әдістеменің таңдауы – негізделген немесе әдіснама нақты жазылған 1) ия; 2) жоқ.	Әдістеме барынша толық баяндалған. Диссертация тақырыбының өзектілігі негізделген, зерттеу есебінің мақсаты көрсетілген, негізгі қорғалатын тұжырымдамалар енгізілген, диссертацияның ішкі біртұтастық қағидасы сақталған.

	<p>8.2 Диссертация жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің казіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған: 1) <b>иә;</b> 2) <b>жоқ.</b></p> <p>8.3 Теориялық қорытындылар, модельдер, анықталған өзара байланыстар және заңдылықтар эксперименттік зерттеулермен дәлелденген және расталған (педагогикалық ғылымдар бойынша даярлау бағыттары үшін нәтижелер педагогикалық эксперимент негізінде дәлелденеді): 1) <b>иә;</b> 2) <b>жоқ.</b></p> <p>8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен <b>расталған</b> / ішінара расталған / расталмаған.</p> <p>8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға <b>жеткілікті</b>/жеткіліксіз.</p>	<p>Иә. <b>Ескерту.</b> Жұмыстың қосымшасында есептеу алгоритмдері мен программаларының келтірілмеуі нәтижелердің практикалық қолданымын қиындатаынын атап өту шарт.</p> <p>Тікелей эксперименттер жасалмаған.</p> <p>Маңызды тұжырымдар нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған және бұрындары белгілі нәтижелермен салыстыру арқылы дәлелденген.</p> <p>Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолу жасауға жеткілікті.</p>
<p>9. Практикалық құндылық принципі</p>	<p>9.1 Диссертацияның теориялық маңызы бар: 1) <b>иә;</b> 2) <b>жоқ.</b></p> <p>9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары: 1) <b>иә;</b> 2) <b>жоқ.</b></p> <p>9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа болып табылады? 1) толығымен жана; 2) <b>жартылай жана (25-75% жаңа болып</b></p>	<p>Иә.</p> <p>Зерттеу нәтижелері заманауи техникада кең қолданылатын жылдам айналатын денелердің (түрлі гироскоптық қондырғылар, турбогенераторлар, газ және бу турбиналары) тербелістерін зерттеуде, сонымен қатар авиация мен зымыран техникасында қолданыла алады.</p> <p>Нәтижелердің практикалық ұсыныстары жартылай жана болып табылады.</p>

		<b>табылады);</b> 3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады).	
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы: 1) жоғары; 2) орташа; 3) орташадан төмен; 4) төмен.	Жоғары.

«6D060300 – механика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін тағайындауға болады деп есептеймін.

**Ресми рецензент:**  
физика-математика ғылымдарының докторы,  
профессор,  
Ташкент тоқыма және жеңіл өнеркәсіп институты



Мардонов Б.