

ОТЗЫВ

официального оппонента члена-корреспондента РАО, доктора технических наук, профессора Алашкевича Юрия Давыдовича на диссертационную работу Засыпкиной Светланы Александровны на тему «Разработка методов вибрационного расчета дисковых мельниц», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.21.03 – Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины

Актуальность темы исследования

Как известно, дисковые мельницы относятся к машинам с повышенной динамичностью, являются источником вибрации междуэтажных перекрытий и фундаментов, на которых они установлены. В элементах этих машин при размоле волокнистых полуфабрикатов возникают большие динамические напряжения, уменьшающие срок их службы. Проведение мероприятий по виброзащите и снижению экономических потерь из-за простоев дисковых мельниц невозможно без разработки комплексного вибрационного расчета, что обуславливает актуальность рецензируемой диссертационной работы.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации

Достоверность выводов диссертационного исследования обеспечивается:

– использованием трудов отечественных и зарубежных авторов в области целлюлозно-бумажного производства, в том числе, размалывающего оборудования и динамики роторных машин (автор использует 182 библиографических источника);

– корректным использованием формальных методов при постановке и решении поставленных в диссертации задач, а именно, использованием

основных положений динамики машин, теории колебаний и математических методов решения технических задач;

– выполнением квалифицированных расчетов с использованием программных комплексов «Ansis», «SolidWorks», «Maple» и «Mathcad»;

– проведением экспериментальных исследований, выполненных в производственных условиях на АО «Соликамскбумпром», с использованием лицензионной виброанализирующей аппаратуры и современных компьютерных технологий;

– положительной апробацией результатов исследования в публикациях автора, выступлениях на конференциях, а также в процессе практического решения задач на АО «Соликамскбумпром».

Наиболее существенные результаты, обладающие научной новизной и полученные лично соискателем:

– разработана динамическая модель мельницы, её поддерживающих конструкций, предложена методика вибрационных расчетов при её проектировании;

– исследованы циклические деформации волокнистой прослойки при размоле волокнистого полуфабриката (термомеханической древесной массы), и рассмотрено её напряженно-деформированное состояние на одном ножевом поясе размалывающей гарнитуры в виде периодически повторяющихся импульсов;

– исследованы аксиальные колебания мельницы с учетом свойств волокнистой прослойки;

– разработана динамическая модель ножей размалывающей гарнитуры, и предложена методика расчёта ножей для проектирования гарнитуры с учетом вибрационного воздействия.

Практическая значимость и достоверность результатов

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработанные методики вибрационных расчетов рекомендованы к

использованию при проектировании дисковых мельниц и их элементов, а также при разработке методов и средств виброзащиты дисковых мельниц. Автором разработано устройство регулирования процесса размола бумажной массы в дисковой мельнице и наборная гарнитура с применением демпфирующих устройств, защищенные патентами на полезные модели. Результаты работы внедрены в АО «Соликамскбумпром».

Достоверность исследований подтверждается значительным экспериментальным материалом, полученным с использованием современной аппаратуры, обработкой и анализом данных при помощи специального программного обеспечения. Достоверность численных расчетов подтверждается сходимостью с результатами экспериментальных данных.

Результаты диссертации могут быть использованы в системах расчётно-конструкторских и научно-исследовательских работ предприятий, НИИ, вузов и организаций, занимающихся вопросами модернизации, виброзащиты и проектирования дисковых мельниц и поддерживающих конструкций.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе

Целью работы, по определению автора, является разработка методики комплексного вибрационного расчета дисковых мельниц для повышения эффективности их работы.

В соответствии с целью автор поставил конкретные научные задачи, которые, если судить по полученным результатам, можно считать решенными. Логика исследования, принятый подход к решению задач и аргументация выдвинутых положений позволяют говорить об обоснованности полученных результатов.

При постановке научных задач автор использует методы содержательного анализа производственных ситуаций, опирается на

известные результаты исследований в области динамики роторного оборудования, данные о размоле волокнистых полуфабрикатах в дисковых мельницах. При проведении численных расчетов и проверке адекватности предложенных математических моделей автор корректно использует математические методы, в том числе, метод конечных элементов.

При обосновании предлагаемых методик автор приводит численные примеры, рассчитанные по экспериментальным данным, полученным на предприятии, подтверждающие работоспособность методов и алгоритмов.

Структура диссертации и порядок изложения материала представляются вполне логичными и соответствующими выдвинутому целям и задачам исследования.

В первой главе «Состояние вопроса и научные проблемы по исследованию вибрационных процессов в дисковых мельницах. Постановка задачи исследования» приведены общие сведения об эксплуатации дисковых мельниц, назначение и принцип их действия. Представлена классификация размалывающих гарнитур, проведён анализ их конструкций. Рассмотрены теоретические представления о процессе размола, проанализированы теории упругих несовершенств и методы виброзащиты и вибродиагностики оборудования подобного дисковым мельницам.

Материал главы дает достаточно полное представление о содержании поставленных в диссертации научных задач и принятых автором подходах к их решению.

Вторая глава «Теоретические исследования вибрационных процессов в дисковых мельницах» посвящена теоретическим исследованиям колебаний дисковых мельниц и их элементов. Рассмотрены силы возбуждающие колебания в дисковых мельницах. Получены обобщенные динамическая и математическая модели, описывающие пространственные колебания системы. Автором показано, как от обобщённой многомассной математической модели перейти к расчету пространственной одномассной системы.

Представлена модель дисковой мельницы в аксиальном направлении и модель волокнистой прослойки между ротором и статором, которые уподобляются при жидкостном трении – моделью Кельвина-Фойгта, при граничном трении – моделью Гука. Автором показано, что в аксиальном направлении происходит параметрическое возбуждение колебаний из-за изменения свойств волокнистой прослойки. Математическая модель выражается уравнениями Матье, области устойчивости которых определяются по диаграмме Айнса-Стретта.

Исследованы вынужденные (гарнитурные) частоты и собственные частоты колебания ножей размалывающей гарнитуры.

Полученные математические зависимости являются основой разрабатываемых автором методик для вибрационных расчётов дисковых мельниц и их элементов.

В третьей главе «Экспериментальные исследования вибрации дисковых мельниц» описана методика проведения экспериментальных исследований вибрации дисковых мельниц на производствах термомеханической и дефибрёрной массы АО «Соликамскбумпром». Автором описывается аппаратура, методика измерений и результаты исследований виброактивности дисковых мельниц и их узлов. При обработке результатов проводится оценка воспроизводимости экспериментальных измерений.

Четвертая глава «Сопоставление теоретических и экспериментальных исследований. Разработка методик вибрационного расчета дисковых мельниц» посвящена проверке адекватности представленных математических моделей и методик вибрационного расчета дисковых мельниц и их узлов.

Проверка адекватности математической модели мельниц совместно с поддерживающей конструкцией проведена по низшей частоте свободных колебаний мельницы. Отклонение низшей собственной расчетной частоты колебаний от частоты, полученной экспериментально, составляет 13,5 %, что подтверждает адекватность предложенной модели. При разработке методики

вибрационного расчета дисковой мельницы в аксиальном направлении исследованы напряжения в волокнистой прослойке между ротором и статором при её относительном сжатии в мельницах различных типоразмеров. Проведен расчет вынужденных и собственных частот колебаний ножа, полученных экспериментально, аналитически и методом конечных элементов. Ошибка при аналитическом определении частот не превышает 10,5 %.

Автором предложено определение резонансных режимов работы ножей проводить с помощью резонансной диаграммы, и представлены устройства, защищённые патентами на полезные модели, позволяющие понизить колебания ножей и повысить надёжность размалывающей гарнитуры.

Разработанные в данной главе методы отличаются новизной, достаточно обоснованы и подтверждаются сходимостью с экспериментальными данными.

Анализ содержания и логической связи глав диссертации дают основание считать, что положения, вынесенные автором на защиту, являются вполне обоснованными. Цель исследования можно считать достигнутой, а выдвинутые научные задачи – считать решенными.

Практическая полезность полученных результатов подтверждена решением задач по снижению виброактивности дисковых мельниц в условиях конкретного предприятия.

Замечания по работе

1. В подразделе 1.1 (страница 8) диссертации автор заявляет о том, что, несмотря на работы под руководством Ю.Д. Алашкевича, выбор рисунка гарнитуры, как правило, проводится эмпирическим путем. На самом деле по рассматриваемому вопросу защищено несколько диссертаций, авторами которых являются: А.А. Набиева, В.И. Ковалев, В.А. Кожухов, В.И. Шуркина. В этих диссертациях рассмотрены впервые вопросы

теоретического построения рисунков гарнитуры, и получены патенты на эти гарнитуры. Видимо автор не в полной мере знаком с этими диссертационными работами, в противном случае он не делал бы таких выводов.

2. Не ясно, как содержание подраздела 1.2 «Современные представления о процессе размола» участвует в раскрытии темы диссертации. Аналогичная картина наблюдается с подразделом 1.3.

3. На странице 35 диссертации автор заявляет о том, что после решения системы уравнений 2.17 возможно определить амплитуды виброперемещений масс МД по формуле 2.11. В то же время, на странице 30 диссертации автор говорит, что, то же самое можно определить по формуле 2.11, без учета выражения 2.17.

4. В диссертационной работе не совсем убедительно представлен первый пункт научной новизны «Разработана обобщенная математическая модель дисковой мельницы как многомассная пространственная система». Не совсем понятно, в чем отличие от моделей предлагаемых ранее?

5. При постановке задачи исследования не достаточно обоснована связь комплексного вибрационного расчета дисковых мельниц и эффективности их работы.

6. Не понятно для чего на рисунке 2.7 диссертации представлены формы колебаний ножей, как стержней с жестко заземленным концом, если далее, модель ножа размалывающей гарнитуры рассматривается как балка на упругом основании (рисунок 2.12 диссертации, рисунок 4 автореферата), и текст подтверждения этого размещен на странице 53 диссертации.

7. На странице 57 диссертации (рисунок 3.1) представлена технологическая схема производства термомеханической массы АО «Соликамскбумпром». Не ясно, какую роль играет этот рисунок в раскрытии темы диссертации.

8. На странице 65 диссертации автор заявляет, что для исключения ошибок по расшифровке спектров собственных частот колебаний ножей

каждый эксперимент повторялся несколько раз. Возникают вопросы: сколько раз повторялся эксперимент, где планирование эксперимента?

9. На странице 75 диссертации автор заявляет о том, что значения амплитуды колебаний ротора при замерах оказались выше нормы, а после динамической балансировки ротора значения амплитуды колебаний приблизились к норме. Напрашивается вопрос: нельзя ли было, минуя сложные объемные расчеты, предварительно, перед пуском мельницы, провести динамическую балансировку ротора?

10. На странице 86 диссертации, в соответствии с рисунком 4.10, автор предлагает схему устройства регулирования процесса размола бумажной массы в дисковой мельнице. Не ясно, как значения виброколебаний оказывают влияние на процесс размола, и какие показатели процесса размола были учтены?

11. На странице 92 диссертации автор, анализируя результаты экспериментов, заявляет, что при снижении значений концентрации массы амплитуда виброускорения и потребляемая мощность снижаются. С этим можно согласиться, но при этом, по заявлению автора, качественные характеристики массы возрастают. Это противоречит основным факторам процесса размола, один из которых гласит, что при прочих равных условиях увеличение значений концентрации массы повышает её качественные показатели. И второй вопрос – это, какие качественные показатели размола учитывались соискателем?

12. На странице 98 диссертации соискатель, при анализе рисунка 4.22, утверждает, что при износе ножей гарнитуры собственные частоты изгибных колебаний ножей повышаются. На наш взгляд, этот факт вызывает сомнение. При износе ножей гарнитуры в основном меняется высота ножа, в сторону её снижения. Следовательно, изгибающий момент, действующий на нож, будет снижаться за счет уменьшения плеча от места крепления ножа до его рабочей поверхности. Во-вторых, не ясно, о каких ножах гарнитуры идет речь. Известно, что при эксплуатации гарнитуры ножи ротора изнашиваются

более интенсивно, чем на статоре, особенно это заметно в производстве древесноволокнистых плит.

13. На странице 107 диссертации, в заключении (пункт 2) соискатель подтверждает правомерность использования модели Кельвина-Фойгта для описания свойств волокнистой прослойки при жидкостном трении и модели Гука при граничном трении гарнитур. Как, и при каких режимах работы мельницы во временном цикле наступает тот или иной вид трения, и как это учитывается в вибрационных расчетах мельницы? Как это увязывается с теориями С.А. Чаплыгина и Н.Е. Жуковского?

14. В подпункте 4.4.4 диссертации определение резонансных режимов работы ножей гарнитуры предлагается осуществлять с помощью резонансной диаграммы (рисунок 4.25 диссертации, рисунок 9 автореферата), при этом автор учитывает только износ ножей гарнитуры. Большой интерес представляли бы исследования резонансных режимов работы ножей при изменении других геометрических характеристик гарнитуры.

15. Судя по всему, решена очень интересная и практически значимая (в рамках научной школы профессора А.А. Санникова) задача по разработке методики вибрационного расчета дисковой мельницы, для конкретного случая (мельница TF-52 древесномассного производства АО «Соликамскбумпром»), и пока она не может быть распространена на другие мельницы, без учета многих взаимосвязанных факторов.

Вместе с тем, имеются замечания второстепенного характера:

1) Подраздел 2.1 (страница 30 диссертации). Обозначения величин уравнения 2.10 не соответствуют пояснениям.

2) Подраздел 2.2.1 (страница 31 диссертации), рисунок 2.3. Не ясно, в чем отличие перемещения масс корпуса от масс статора.

3) Страница 34 диссертации. Несоосность муфты находится в пределах нормы. О какой норме идет речь?

4) На странице 36 диссертации представлены уравнения 2.19 без дополнительного обоснования и ссылок на литературные источники.

5) На странице 49 диссертации, в названии подраздела 2.5.2 следовало бы слово «математическая» убрать, так как динамическая модель не может быть раскрыта без математики.

Заключение

Диссертация Засыпкиной Светланы Александровны представляет собой законченное, самостоятельно выполненное на высоком научном уровне исследование на актуальную для предприятий целлюлозно-бумажной промышленности тему.

Научные положения и результаты диссертационной работы достаточно аргументированы и имеют отличия от известных методик расчета дисковых мельниц. Результаты работы нашли практическое применение в АО «Соликамскбумпром», что подтверждено соответствующим документом.

Автореферат и публикации автора отражают основное содержание диссертации. В числе семнадцати публикаций автора – три статьи в журналах из перечня ВАК РФ и три патента РФ на полезные модели.

В целом, несмотря на сделанные замечания, считаю, что представленная работа заслуживает положительной оценки. Диссертация Засыпкиной Светланы Александровны на тему «Разработка методов вибрационного расчета дисковых мельниц» полностью отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Министерства образования и науки РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, так как является законченной научно-квалификационной работой, содержащей научно обоснованные решения технических задач в области вибрационных расчетов и проектирования дисковых мельниц и их узлов. На основании выполненных автором исследований, решена важная научная задача по разработке методов

вибрационных расчетов дисковых мельниц на стадии их проектирования и эксплуатации, что вносит существенный вклад в улучшение эксплуатационных характеристик, позволяя повысить эффективность их работы.

Автор диссертации, Засыпкина Светлана Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.21.03 – Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины.

Официальный оппонент
член-корреспондент РАО, доктор
технических наук, профессор,
заведующий кафедрой машин и аппаратов
промышленных технологий
Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Сибирский государственный
университет науки и технологий имени
академика М.Ф. Решетнева».
Научная специальность 05.21.03 –
«Технология и оборудование химической
переработки биомассы дерева; химия
древесины»



Алашкевич Юрий
Давыдович
«13» 10 2017 г.

Адрес: 660099, г. Красноярск, пр. Мира, 82, каб. 359.
Телефон: (391) 227-34-53, 227-86-19
E- mail: mapt@sibgtu.ru