

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Вихарева Сергея Николаевича на тему «Повышение эффективности ножевых размалывающих машин в целлюлозно-бумажной промышленности на основе исследования динамики», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.21.03 - Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины

Актуальность темы

Одной из важнейших операций производства бумаги и картона является размол волокнистой массы. Процесс размола волокнистых полуфабрикатов определяет свойства выпускаемой продукции – бумаги и картона. Ножевые размалывающие машины (мельницы) являются основным оборудованием линий подготовки бумажной массы и наиболее универсальным оборудованием для размола. Эти машины также используются в линиях производства древесной массы из щепы. Процесс размола чрезвычайно энергоемок. Снижение энергоемкости ножевых размалывающих машин актуально для предприятий целлюлозно-бумажной промышленности.

Мельницы возбуждают колебания поддерживающих конструкций, на которых они установлены. Виброзащиту мельниц осуществляют при проектировании, изготовлении, монтаже и эксплуатации.

Для совершенствования эксплуатации ножевых размалывающих машин активно применяют методы и средства технической диагностики. Совершенствование методов, средств технической диагностики и виброзащиты мельниц для повышения эффективности работы также актуально.

Степень обоснованности научных положений, рекомендаций и выводов, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, рекомендаций и выводов подтверждается экспериментальными данными, корректным использованием современных методов исследований, обобщением накопленного опыта по динамике размалывающих машин, непротиворечивости и воспроизводимости результатов, полученных теоретическим путем,

также проведением оценки адекватности разработанных моделей, использованием экспериментальных данных для расчетов и сопоставлений результатов.

Теоретические модели проверялись экспериментально на лабораторной установке и на промышленных мельницах. Измерение вибрации, характеристик волокнистых материалов и обработка результатов измерений проводили в соответствии с требованиями государственных стандартов.

Выводы и рекомендации 5 и 7 подтверждены патентами (пат. 53677 РФ, Пат. 39541 РФ) авторскими свидетельствами (свид. на полезную модель РФ № 10183, А.с. SU 1747579, А.с. SU 1448233) и внедрены в производство на двух предприятиях отрасли. Промышленная апробация разработанных конструкций размалывающих машин с минимальным граничным трением ротора и статора подтверждает адекватность предлагаемых решений. Автором выполнен большой объем работ и получены авторские свидетельства и патенты по разработке новых конструкций ножевых размалывающих машин (А.с. SU 1677122, А.с. SU 1703749 и патенты (Пат. 58125 РФ, Пат. 58547, Пат. 103108 РФ, Пат. 110377 РФ, Пат. РФ № 136808, Пат. РФ № 199500).

Достоверность и новизна и научных положений, выводов и рекомендаций

В литературном обзоре достоверно представлены многократные попытки исследователей разработать модель волокнистой прослойки при размоле между ротором и статором. Однако исследования проводились при продолжительности, значительно большей, чем период взаимодействия ножей на волокнистую прослойку. Волокнистый материал в межножевом зазоре получает импульсные воздействия, которые зависят от конструктивных и режимных факторов размола. Исследования напряженно-деформированного состояния волокнистого материала при размоле носят фрагментарный характер и к настоящему моменту не имеют методики инженерных расчетов. В связи с этим несомненной научной новизной обладают предложенные модели для волокнистого материала: при жидкостном трении – модель Максвелла-Томпсона, при граничном трении – модель Гука. Установлено, что при жидкостном трении изменяется коэффициент демпфирования модели, а при граничном – коэффициент жесткости.

Также в литературном обзоре выявлено, что теории, описывающие силовое воздействие гарнитуры на волокнистый материал, носят полуэмпирический характер и не дают четкого представления о процессах, происходящих при силовом взаимодействии ножей. Автором предложено применение классической теории контакта двух тел к прикладной задаче процесса размола в ножевых размалывающих машинах. Для исследования силового взаимодействия гарнитуры с волокнистым материалом предложено теория дискретного контакта ножей. Теория апробирована на практике и удовлетворительно описывает процесс силового взаимодействия гарнитуры с обрабатываемым сырьем.

Разработан и внедрен в производство способ управления функционированием ножевых размалывающих машин.

На основе исследований разработана система рекомендаций, позволяющая обеспечить снижение энергоемкости и повышение надежности мельниц на целлюлозно-бумажных предприятиях. Основные результаты исследований были апробированы в расчетной практике и при решении задач повышения эффективности и надежности ножевых размалывающих машин. Новые технические решения отражены в 32 патентах и авторских свидетельствах.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций также подтверждена положительной апробацией результатов работы на конференциях и выставках различного уровня.

Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы

Соискатель занимается решением проблемы энергоэффективности и надежности ножевых размалывающих машин при размоле волокнистых материалов более 30 лет, об этом свидетельствуют его научные труды, совокупность которых логично выстраивается в единое направление исследований, которое полностью соответствует теме диссертации. Практически во всех опубликованных работах соискатель находится на первой позиции в списке авторов. Автор непосредственно участвовал во всех этапах работы от постановки конкретных задач, планирования и выполнения экспериментов, анализа полученных экспериментальных данных, их интерпретации и обобщении, подготовке докладов и публикаций. Личный вклад подтверждён 32 авторскими свидетельствами и патентами РФ.

Оценка содержания диссертации

Диссертация изложена на 326 страницах машинописного текста, включая список литературы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, общих выводов и рекомендаций, библиографического списка, включающего 366 наименований.

Работа написана доступным языком и оформлена в соответствии с требованиями ВАК. Содержание и последовательность разделов логичны и достаточны для достижения целей и задач, поставленных автором для решения вопросов по повышению эффективности ножевых размалывающих машин.

В первой главе диссертации дан анализ состояния изучаемого вопроса на основании обзора отечественных и зарубежных источников. Автор провел глубокий анализ работ, посвященных исследованию процесса размола волокнистых материалов и динамике ножевых размалывающих машин.

Автор выполнил обзор работ, посвященных модели волокнистого материала. Однако исследование напряженно деформированного состояния волокнистого материала при размоле носит фрагментарный характер.

В настоящее время развивается теория контактного взаимодействия тел. На основании изучения состояния проблемы определена цель и сформулированы задачи исследований.

Во второй главе диссертации автор исследует динамику ножевых размалывающих машин и их элементов. В главе исследованы динамические силы мельниц, динамические и математические модели этих машин совместно с поддерживающей конструкцией, модель волокнистого материала между ротором и статором при размоле, динамическая и математическая модели мельницы и её элементов.

Получен критерий виброзащиты ножевых размалывающих машин, когда амплитуда колебаний размалывающего органа ножевой машины не должна превышать номинальный зазор для обеспечения жидкостного трения между гарнитурами ротора и статора. Для выполнения условия стабильности межножевого зазора мельниц автор рекомендует применять подшипники с предварительным натягом.

Третья глава диссертационной работы посвящена исследованию процессов в межножевом зазоре мельниц. Автор сделал попытку описать процессы в межножевом зазоре при помощи теории контактного взаимодействия тел. Получена математическая

модель, описывающая контактное давление и контактные силы между ножами гарнитуры. Произведен анализ полученных моделей применительно к размолу волокнистых полуфабрикатов в ножевых размалывающих машинах. Рассмотрены прикладные контактные задачи с учетом тепловыделения и износа гарнитуры. Автор исследовал коэффициент трения между гарнитурами при размоле и сформулировал рекомендации по снижению энергоемкости ножевых размалывающих машин. Автором получены новые аналитические и численные решения, имеющие значительную научную ценность, которые связывают показатели и факторы размола с коэффициентом трения контактирующих поверхностей, тепловыделением при контакте и с износом ножей гарнитуры. Получены зависимости, которые могут быть использованы при создании и эксплуатации ножевых размалывающих машин.

Получена и исследована математическая модель, описывающая осевую силу, действующую на ротор ножевых размалывающих машин.

Исследованы гидродинамические процессы в канавках гарнитуры ротора и статора. Исследование проведено с использованием современного компьютерного моделирования гидродинамических процессов в ножевых размалывающих машинах. В главе исследованы составляющие гидродинамических сил и гидродинамическая вибрация мельниц. Разработаны методики инженерных расчетов.

В четвертой главе диссертации исследованы особенности виброзащиты ножевых размалывающих машин. Исследована остаточная неуравновешенность ротора мельницы. Разработана методика расчета составляющих неуравновешенности ротора.

Исследована модель пассивного автобалансирующего устройства ротора мельницы. На основании проведенных исследований разработаны методика расчета и конструкции автобалансирующих устройств.

Разработаны и апробированы методики динамического расчета мельниц и их элементов.

Пятая глава диссертации посвящена технической диагностике структурных параметров технического состояния гарнитуры и управлению функционированием мельниц.

Получена и исследована диагностическая модель, которая связывает параметры вибрации статора мельницы с факторами размола. Разработаны и определены критерии

оценки вибрационного состояния ножевых размалывающих машин. Разработаны методы технической диагностики технического состояния гарнитуры.

Автор сделал вывод о возможности управления функционированием мельниц по амплитуде высокочастотной гарнитурной вибрации. Разработаны алгоритмы управления и оценки технического состояния ножевых размалывающих машин. Разработанный способ управления внедрен в производство.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней

Основные положения диссертации изложены в 118 публикациях, в том числе в трех монографиях, 21 публикация представлена в журналах, входящих в международные базы цитирования «Web of Science», «Scopus», и 15 статей в журналах из списка ВАК РФ, рекомендованных по специальности 05.21.03. Некоторые результаты исследований легли в основу ряда учебных пособий. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на международных научно-технических конференциях.

Автореферат и диссертация полностью соответствуют требованиям Положения о порядке присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.21.03 – Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины.

Вопросы по диссертационной работе

1. В настоящее время большое применение находят ножевые размалывающие машины в производствах древесной массы из щепы. Эти машины имеют большую мощность привода и шнековый питатель для подачи щепы в мельницу. Однако автор не рассматривает динамические силы от шнекового питателя мельницы при исследовании колебаний ножевых размалывающих машин совместно с поддерживающей конструкцией.

2. Автор рассматривает множество динамических моделей мельниц. Это модель мельницы совместно с поддерживающей конструкцией, модели ротора и статора и ножей гарнитуры. В динамических моделях использует известные элементы, такие как пружины и демпферы. Однако автор не оговаривает, какому закону подчиняется работа этих элементов.

3. При размоле волокнистых полуфабрикатов автор выделяет разمول с жидкостным и граничным трением ротора и статора. Не понятно, как при исследованиях определялась работа ножевых размалывающих машин при этих видах трения.

4. На стр.77 диссертации автор вводит понятие номинальный межножевой зазор. Также определен критерий виброзащиты ножевых размалывающих машин, когда амплитуда колебаний размалывающего органа ножевой машины не должна превышать номинальный зазор для обеспечения жидкостного трения между гарнитурами ротора и статора. Как определить номинальный межножевой зазор и амплитуду колебаний размалывающего органа ножевой размалывающей машины?

5. Автор исследовал колебания ротора в подшипниковых опорах и выявил условие стабильного положения ротора (стр. 77-89 диссертации). На основании исследований рекомендуется использовать подшипники с предварительным натягом. Однако такое решение усложнит эксплуатацию мельниц, особенно при пуске электродвигателя.

6. Типы ножевых размалывающих машин не систематизированы по технологическому назначению, конструктивному исполнению и перерабатываемому сырью. Вопрос. Какие ножевые размалывающие машины, по материалам Ваших исследований, целесообразно выводить на повышенную эффективность?

7. Автор, в основном, исследовал влияние динамических процессов на техническое состояние оборудования и мало уделил внимания влиянию динамических процессов размола на технологические характеристики. Как повышение технического состояния оборудования изменит производительность, качество и выход товарного полуфабриката, желательно в цифрах.

Замечания по диссертационной работе

1. После аналитического обзора не составлена блок-схема прямых и обратных связей между разделами работы. В тексте автореферата и диссертации взаимосвязь между разделами имеется, но в выводах по разделам не отражена, что затрудняет изучение работы.

2. Цикл размола охватывает технологический процесс оборудования от загрузки сырья до выгрузки древесной массы. В работе автор не исследовал динамические процессы выгрузки древесного сырья и динамику технологического оборудования трак-

та выгрузки. Для многих российских предприятий ЦБП актуален вопрос утилизации тепловой энергии паров вскипания, образующихся при выгрузке древесной массы.

Замечания по автореферату:

3. На рис. 1.2 проставлены буквенные и цифровые обозначения величин, название и размерность которых в подрисуночных подписях не раскрыты, что затрудняет изучение работы.

4. Рис. 3, в форме изгиба ротора не показаны изгибные отклонения диска ротора от состояния покоя, наиболее существенно влияющие на размол.

5. Стр. 25 рис. 18 блок-схема – определение технического состояния мельниц разработана для оценки точечного измерения вибрации. Подрисуночную надпись, возможно, следует исправить на менее «обширную», например, Схема определения технического состояния контролируемого элемента (узла) мельницы.

Заключение

В целом диссертация Вихарева Сергея Николаевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой, на основании выполненных автором исследований, решена научно-техническая задача по повышению энергоэффективности и надежности ножевых размалывающих машин. Предложенный и апробированный метод базируется на выявленной корреляции между приростом показателей размалываемого материала и параметрами высокочастотной вибрации статора, с учетом которых разработаны и внедрены методы и средства управления функционированием ножевых размалывающих машин. Результаты работы являются решением проблемы, имеющей важное хозяйственное значение.

Диссертационная работа Вихарева Сергея Николаевича на тему: «Повышение эффективности ножевых размалывающих машин в целлюлозно-бумажной промышленности на основе исследования динамики» соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, ред. от 01.10.2018 г., а область исследований соответствует п. 16, 17 паспорта специальности.

Автор работы Вихарев Сергей Николаевич, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.21.03 – «Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины».

Официальный оппонент, доктор технических наук (научная специальность, по которой защищена диссертация: 05.21.03 – Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины),

«ИП Ковернинский И.Н.», руководитель

Почтовый адрес: 127591, г. Москва,


ул. Дубнинская, д.40А, к.1, кв.11

Тел. +7 9167533182

Эл. адрес: kovern@list.ru



Ковернинский
Иван Николаевич

* Ковернинский Иван Николаевич 

Российская Федерация
Город Москва

Шестнадцатого февраля две тысячи двадцать первого года

Я, Турчина Марина Андреевна, нотариус города Москвы, свидетельствую подлинность подписи Ковернинского Ивана Николаевича.

Подпись сделана в моем присутствии.

Личность подписавшего документ установлена.

Зарегистрировано в реестре: № 77/568-н/77-2021-1-1117.

Уплачено за совершение нотариального действия: 1100 руб.

МП



М.А. Турчина