Бондаренко Вероника Александровна. Снижение шума и вибрации редукторов: диссертация ... кандидата технических наук: 05.26.01 / Бондаренко Вероника Александровна;[Место защиты: Донской государственный технический университет].- Ростов-на-Дону, 2014.- 150 с.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО

ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ

СООБЩЕНИЯ»

На правах рукописи

Бондаренко Вероника Александровна

СНИЖЕНИЕ ШУМА И ВИБРАЦИИ РЕДУКТОРОВ

Специальность: 05.26.01 – Охрана труда (в машиностроении)

ДИССЕРТАЦИЯ на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Чукарин А.Н.

Ростов-на-Дону, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 4](#bookmark0)

[1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ 7](#bookmark1)

1. [Анализ работ по снижению шума электродвигателей и ременных передач 8](#bookmark2)
2. [Анализ существующих исследований по снижению шума зубчатых передач 9](#bookmark3)
3. [Анализ исследований виброакустических характеристик подшипниковых узлов 14](#bookmark4)
4. [Существующие способы снижения виброакустической активности корпусных деталей 18](#bookmark5)
5. [Выводы по главе и задачи исследования 29](#bookmark6)

[2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ  
ВОЗБУЖДЕНИЯ ВИБРАЦИЙ И ШУМООБРАЗОВАНИЯ РЕДУКТОРНЫХ  
СИСТЕМ… 31](#bookmark7)

1. [Вывод зависимостей звуковой мощности при эксплуатации редукторов вне помещений 31](#bookmark8)
2. [Вывод зависимостей звуковой мощности при эксплуатации редукторов внутри помещений 33](#bookmark9)
3. [Вывод зависимостей уровней звукового давления редуктора 38](#bookmark10)
4. [Моделирование динамических явлений привода редуктора .. 42](#bookmark11)
5. [Вывод зависимостей скорости колебаний кольца подшипникового узла 61](#bookmark12)
6. [Выводы по главе 63](#bookmark13)

[3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК РЕДУКТОРОВ 65](#bookmark14)

2

1. [Расчетная схема асинхронного электродвигателя 67](#bookmark15)
2. [Расчетная схема механической составляющей привода 69](#bookmark16)
3. [Податливость валов на кручение 73](#bookmark17)
4. [Крутильная податливость соединения вал-ступица 74](#bookmark18)
5. [Расчет податливости зубчатой передачи 75](#bookmark19)
6. [Расчет податливости опор 76](#bookmark20)
7. [Расчет изгибной податливости валов 77](#bookmark21)
8. [Учет демпфирующих характеристик элементов привода 78](#bookmark22)
9. [Расчет скоростей изгибных колебаний колец подшипников .. 81](#bookmark23)
10. [Выводы по главе 83](#bookmark24)

[4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ШУМА И  
ВИБРАЦИЙ РЕДУКТОРОВ. ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ  
ИССЛЕДОВАНИЙ 84](#bookmark25)

1. [Экспериментальные исследования шума и вибрации серийных редукторов… 84](#bookmark26)
2. [Конструкция блочно-модульного подшипника скольжения .. 91](#bookmark27)
3. [Эффективность снижения вибраций и шума редукторов 104](#bookmark28)
4. [Выводы по главе 107](#bookmark29)

[5. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ 109](#bookmark30)

[ЛИТЕРАТУРА 110](#bookmark31)

[ПРИЛОЖЕНИЕ 1 1](#bookmark32)

[ПРИЛОЖЕНИЕ 2 15](#bookmark33)

[ПРИЛОЖЕНИЕ 3 31](#bookmark34)

3

ВВЕДЕНИЕ

Редукторные системы получили широкое распространение в машиностроении и технологических машинах различного функционального назначения. Например, в различных типах кранов, в механизмах подъема груза и перемещения, транспортных устройствах, таких как конвейерные системы, электровозы и тепловозы и т.д. Характерной особенностью редукторов является наличие в их кинематике зубчатых передач (конических, цилиндрических, червячных), что фактически и определяет их повышенные виброакустические характеристики.

Несмотря на большое количество исследований по шумообразованию зубчатых передач обращает на себя внимание недостаточность научных материалов по процессам возбуждения вибраций и шумообразованию редукторных систем в целом с учетом динамических явлений в приводных механизмах. Необходимо отметить, что учет динамических явлений в приводе редукторов позволит существенно уточнить расчеты структурной доли шума, излучаемой элементами корпусных деталей на стадии проектирования.

Таким образом, задача снижения виброакустических характеристик различных типов редукторов, в особенности при их проектировании, является актуальной и имеет важное научно-техническое и социально-экономическое значение для машиностроительной отрасли.

Целью настоящей работы является изучение закономерностей формирования спектров вибрации и шума редукторов и снижение уровней звукового давления путем совершенствования подшипниковых узлов.

**Научная новизна работы заключается в следующем:**

1. Разработана математическая модель динамической системы

редуктора с учетом зазоров в зубчатых передачах, что уточняет зависимость силового возмущения по сравнению с линейной моделью.

4

1. Изучены динамические явления в приводе редуктора и их влияние на величину вводимой вибрационной мощности, что раскрывает закономерности формирования спектров вибрации и шума.
2. Полученные аналитические зависимости уровней звукового давления корпусов редукторов позволяют теоретически обосновать конструктивные и физико-механические параметры узлов подшипников, исходя из санитарных норм шума.

**Практическая ценность работы заключается в следующем:**

1. Разработана методика инженерного расчета виброакустических характеристик на стадии проектирования редукторов, согласно их компоновки, конструктивного исполнения всех элементов приводной структуры и условий эксплуатации.
2. Предложена конструкция блочно-модульного подшипникового узла скольжения валов редуктора с повышенными виброизолирующими свойствами, обладающего высокой износостойкостью и долговечностью.

**Реализация работы в промышленности:**

Результаты исследований внедрены на ЗАО «Специальное

конструкторское бюро автоматических линий и металлорежущих станков» (г. Краснодар).

**Методы исследований:**

Теоретическое исследование процессов шумобразования редукторов проводились с использованием положений технической виброакустики, динамики машин и теории колебаний.

**Апробация работы:**

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на международных научно-практических конференциях «Транспорт – 2013» г. Ростов-на-Дону, 2013 г., «Инновационные технологии в машиностроении и металлургии», г. Ростов-на-Дону, 2013 г.

5

**Публикации:**

По материалам диссертации опубликовано 8 печатных работ, в том числе две в журналах, входящих в «Перечень ведущих научных журналов и изданий».

**Структура и объем диссертации:**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов и рекомендаций, списка использованной литературы из 88 наименований, имеет 37 рисунков, 6 таблиц и изложена на 119 страницах машинописного текста основной части и 31 страницах приложений. В приложения вынесены уравнения энергетического баланса всех элементов корпусных деталей редукторов, программа расчета уровней шума и вибрации и сведения о внедрении.

5. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Результаты исследований можно представить следующими выводами:

1. Установлено, что превышение уровней звукового давления редукторов над санитарными нормами определяется структурной долей шума корпусных деталей.
2. Разработана обобщенная модель акустической системы редукторов, учитывающая динамические явления в элементах кинематики, что существенно уточняет закономерности формирования виброакустических характеристик.
3. Теоретически обоснован выбор геометрических и диссипативных параметров подшипниковых узлов редукторных систем по критерию соответствия создаваемых уровней шума предельным спектрам.
4. Разработана методика инженерного расчета спектров вибрации и шума на этапе проектирования редукторных систем технологических машин различного функционального назначения.
5. Предложена конструкция блочно-модульного подшипника скольжения с повышенными диссипативными свойствами, характеризуемыми эффективным коэффициентом потерь колебательной энергии наружной обоймы.
6. Экспериментальные исследования редукторов различных типов подтвердили правильность теоретических исследований и достоверность методики расчета виброакустических характеристик.
7. Результаты исследований редукторов с опорами скольжения показали их улучшенные виброакустические характеристики, соответствующие нормативам, и повышенные показатели работоспособности (износостойкость, жесткость).

Результаты исследований внедрены на ЗАО «СКБ АЛМС» с ожидаемым годовым социально-экономическим эффектом от снижения уровней шума 27 000 рублей (в ценах 2013 года).

109

ЛИТЕРАТУРА

1. Юдин, Е.Я. Борьба с шумом на производстве: Справочник / Е.Я. Юдин, Л.А. Борисов, И.В. Горенштейн и др.; под. общ. ред. Е.Я. Юдина. – Машиностроение, 1985. – 400 с.
2. Волков, Л.К. Вибрации и шум электрических машин малой мощности / Л.К. Волков, Р.Н. Ковалев, Г.Н. Никифорова и др. – Л.: Энергия, 1979. – 205 с.
3. Скрипницкий, В.Я. Эксплуатация промышленных гидроприводов / В.Я. Скрипницкий, В.А. Рокшевский. – М.: Машиностроение, 1984. – 169 с.
4. Шевченко, В.М. Проектирование и изготовление малошумовых направляющих труб с пружиной переменного диаметра / В.М. Шевченко, Б.Г. Заверняев. – М.: НИИмаш, 1983. – 60 с.
5. Чукарин, А.Н. Звукоизлучение направляющей трубы. / А.Н. Чукарин, Б.Г. Заверняев, Б.Г. Фуга. / Совершенствование вибрационной технологии и оборудования: Межвузовский сб. науч. трудов. – Ростов н/Д, 1988. – С. 137-142.
6. Сухоруков, Ю.Н. Модификация эвольвентных цилиндрических зубчатых колес / Ю.Н. Сухоруков. – Киев: Техника, 1992. – 197 с.
7. Виброакустическая активность механизмов с зубчатыми передачами / под. ред. М.Д. Генкина. – М.: Наука, 1971. – 253 с.
8. Айрапетов, Э.Л. Возбуждение колебаний в планетарных механизмах / Э.Л. Айрапетов, В.И. Апархов, М.Д. Генкин и др.//Колебания механизмов с зубчатыми передачами. – М.: 1977. – С. 24-31.
9. Айрапетов, Э.Л. Возбуждение колебаний в зубчатых передачах / Э.Л. Айрапетов, В.И. Апархов, М.Д. Генкин и др. // Динамические процессы в механизмах с зубчатыми передачами. – М.: 1977. – С. 44-50.

110

1. Иоффе, Р.Л. Зависимость сил возбуждения в косозубой зубчатой передаче от накопленной ошибки шага / Р.Л. Иоффе, В.Г. Кудинов, Ю.Н. Федосеев // Методы создания машин в малошумном исполнении. – М.: 1978. – С.37-42.
2. Чукарин, А.Н. Звукоизлучение зубчатой передачи / А.Н. Чукарин, Б.Г. Заверняев, В.Г. Трембач // Металлорежущие станки и прогрессивные методы обработки металлов резанием: Сб. ст. – Ростов н/Д, 1977. – С. 48-51.
3. Opitz, H. Noise of Gears/ Royal Society of London// Philosopical Transfaction. – Ser. A. – 1968. – P. 17-25.
4. Васильев, В.А. Выявление основных возбудителей шума коробок приводов металлорежущих станков/ В.А. Васильев. – М.: ЭНИМС, 1962. – 40 с.