

П. Ю. Бранцевич

**ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
МЕХАНИЗМОВ
С ВРАЩАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА
ВИБРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПУСКОВ И ВЫБЕГОВ**



МИНСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЧЕТЫРЕ ЧЕТВЕРТИ»
2021

УДК: 004.02+004.93+620.4

Бранцевич, П. Ю. Оценка технического состояния механизмов с вращательным движением на основе анализа вибрационных характеристик пусков и выбегов / П. Ю. Бранцевич. – Минск : Четыре четверти, 2021. – 236 с. : ил. – ISBN 978-985-581-443-7.

Объектом исследования монографии являются алгоритмы и программные средства компьютерных систем вибрационного контроля и оценки технического состояния механизмов с вращательным движением. Рассмотрены алгоритмы и методика оценки технического состояния многоопорных механизмов с вращательным движением, основанные на анализе вибрационных характеристик объекта, полученных при пуске или выбеге. Проведена серия экспериментальных исследований вибрационного состояния ряда технических объектов. Разработаны: алгоритмы построения амплитудных и фазовых вибрационных характеристик пуска и выбега для оборотных составляющих вибрации; модели вибрационных сигналов при изменении частоты вращения вала, в том числе в зоне собственных частот механизма; методика сравнительного анализа вибрационных характеристик пуска-выбега для системы поддержки принятия решений по оценке изменения технического состояния механизмов и агрегатов. Представлен анализ ряда вибрационных ситуаций с применением вибрационных характеристик пуска-выбега.

Издание предназначено для научных и инженерно-технических работников, занимающихся проектированием и эксплуатацией механизмов и агрегатов роторного типа, средств оценки технического состояния и вибрационной диагностики; анализом данных систем вибрационного мониторинга, а также студентов, магистрантов и аспирантов соответствующих специальностей.

Табл. 18. Ил. 217. Библиогр: 51 назв.

Рекомендована кафедрой программного обеспечения
информационных технологий БГУИР
(протокол № 3 от 12.10.2020 г.)

Рецензенты:

доктор технических наук, начальник НТЦ «Карьерная техника»
Объединенного института машиностроения НАН РБ *Н. Н. Ишин*;
кандидат технических наук, начальник цеха автоматизированных систем
управления технологическими процессами
Минской ТЭЦ-3 *Н. Н. Скоробогатый*

ISBN 978-985-581-443-7

© Бранцевич П. Ю., 2021
© Оформление. ОДО «Издательство
“Четыре четверти”», 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Определения и сокращения	4
Введение	14
Глава 1. Анализ вибрационных характеристик пусков и выбегов	18
Глава 2. Модели вибрационных сигналов	39
Глава 3. Определение амплитудно-фазовых параметров нестационарных вибрационных сигналов	46
Глава 4. Алгоритмы построения вибрационных характеристик на переходных режимах	51
4.1. Алгоритм вычисления амплитуды вибрации в промежуточных точках	51
4.2. Алгоритм формирования характеристики пуска или выбега с осью абсцисс, линейной по частоте	54
4.3. Аппроксимация экспериментальных данных	58
Глава 5. Методика оценки изменения технического состояния механизмов на основе анализа вибрационных характеристик пуска-выбега	60
5.1. Вид вибрационных характеристик выбега	60
5.2. Аппроксимация вибрационных характеристик выбега	66
5.3. Сравнительный анализ вибрационных характеристик выбега	80
5.4. Экспериментальные исследования	86
5.5. Анализ изменений вибрационных характеристик выбега после возникновения аварийных ситуаций	137
Заключение	226
Литература	229

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В монографии применяются следующие термины, с соответствующими определениями, и сокращения. Они сформулированы с учетом:

- ГОСТ 24346-80. Вибрация. Термины и определения;
- ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения;
- ГОСТ 16263-70. Метрология. Термины и определения;
- ГОСТ 19.781-90. Обеспечение систем обработки информации программное. Термины и определения;
- ГОСТ 30848-2003. Диагностирование машин по рабочим характеристикам. Общие положения;
- ГОСТ Р ИСО 2041-2012. Вибрация, удар и контроль технического состояния. Термины и определения;
- ГОСТ Р ИСО 2041-2012. Подшипники качения. Методы измерения вибрации. Часть 1. Основные положения;
- ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения;
- Гольстрем, В. А. Энергетический справочник инженера / В. А. Гольстрем, Ю. Л. Кузнецов. – К. : Техніка, 1983. – 488 с.

Вибрация – движение точки или механической системы, при котором происходят колебания характеризующих его скалярных величин.

Вибрация – изменение во времени значения величины, описывающей движение или положение механической системы, если это значение попеременно меняется в большую и меньшую сторону от некоторого среднего или исходного значения.

Виброперемещение – составляющая перемещения, описывающая вибрацию.

Виброперемещение – векторная величина, определяющая изменение положения тела или частицы, по отношению к системе отсчёта.

Виброскорость – производная виброперемещения по времени.

Виброскорость – векторная величина, определяющая производную виброперемещения по времени.

Виброускорение – производная виброскорости по времени.

Виброускорение – векторная величина, определяющая производную виброскорости по времени.

Преобразователь – устройство, предназначенное для восприятия энергии от одной системы и передачи энергии к другой системе того же, либо другого типа таким образом, что требуемые энергетические характеристики на входе проявляются на выходе.

Вибропреобразователь – устройство, предназначенное для преобразования одного из параметров линейной вибрации в пропорциональный электрический сигнал.

Параметры линейной вибрации – виброускорение, виброскорость, виброперемещение, частота и фаза колебаний.

Среднее квадратическое значение виброскорости – корень квадратный из среднего значения квадратов значений виброскорости взятых во временном интервале.

Период – наименьшее приращение независимой переменной периодической величины, через которое функция повторяет саму себя.

Рабочий диапазон – область значений измеряемого параметра вибрации, для которой нормированы погрешности измерения.

Рабочий диапазон частот – область значений частот, в которой погрешность средства измерений не превышает регламентированных значений.

Измерительно-вычислительный комплекс – функционально объединенная совокупность средств измерений, ЭВМ и вспомогательных устройств, предназначенная для выполнения в составе измерительной информационной системы конкретной измерительной задачи.

Спектр колебаний – совокупность соответствующих гармоническим составляющим значений величины, характеризующей колебания (вибрацию), в которой указанные значения располагаются в порядке возрастания частот гармонических составляющих.

Параметры состояний – количественные характеристики свойств объекта, определяющие его работоспособность, за-

данные в технической документации на изготовление, эксплуатацию и ремонт.

Надежность – свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Исправное состояние (исправность) – состояние объекта, в котором он соответствует всем требованиям, установленным в документации на него.

Неисправное состояние (неисправность) – состояние объекта, в котором он не соответствует хотя бы одному из требований, установленных в документации на него.

Работоспособное состояние – состояние объекта, в котором он способен выполнять требуемые функции.

Неработоспособное состояние – состояние объекта, в котором он не способен выполнять хотя бы одну требуемую функцию по причинам, зависящим от него или из-за профилактического технического обслуживания. Объект может быть способен выполнять одни функции и одновременно не способен выполнять другие, в этом случае он находится в частично работоспособном состоянии.

Дефект – изменение состояния объекта в процессе его изготовления, эксплуатации или ремонта, которое потенциально может привести к уменьшению степени его работоспособности.

Дефект – каждое отдельное несоответствие объекта требованиям, установленным документацией.

Повреждение – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния.

Техническое состояние – состояние, которое характеризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды, значениями параметров, установленных технической документацией на объект.

Техническое состояние – состояние объекта, характеризующее совокупностью установленных в документации параметров, описывающих его способность выполнять требуемые функции в рассматриваемых условиях.

Мониторинг технического состояния – составная часть технического обслуживания, заключающаяся в наблюдении за объектом с целью получения информации о его техническом состоянии и рабочих параметрах.

Работоспособный объект – объект, который может выполнять возложенные на него функции.

Зарождающийся дефект – потенциально опасное изменение состояния объекта в процессе его эксплуатации, при котором значение информативного параметра (или параметров) не вышло за пределы допусков, задаваемых в технической документации.

Неисправность – изменение состояния объекта, приводящее к уменьшению степени его работоспособности.

Отказ – изменение состояния объекта, исключающее возможность продолжения его функционирования.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

Сбой – самоустраняющийся отказ или однократный отказ, устраняемый незначительным вмешательством оператора.

Диагностика (диагностирование) – процесс определения состояния объекта.

Объект технического диагностирования – изделие и (или) его составные части, подлежащие диагностированию.

Техническая диагностика – область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объектов.

Тестовая диагностика – процесс определения состояния объекта по его реакции на внешнее воздействие определенного типа.

Функциональная (рабочая) диагностика – процесс определения состояния объекта без нарушения режима его функционирования.

Диагностические показатели – значения параметров или характеристик объекта, совокупность которых определяет состояние объекта.