смогут выполнять более творческие задачи, способствующие более быстрому карьерному росту, за счет сокращения рутинных операций.

1. Главные тенденции российского рынка СЭД/ЕСМ-систем. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/index.php/СЭД> (Дата обращения: 24.03.2021)
2. Роботизация: как RPA сокращает до 80% времени и затрат на электронный документооборот и корпоративные финансы. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.fd.ru/articles/159054-robotizatsiya-kak-rpa-sokrashchaet-do-80-vremeni-i-zatrat-rek-> (Дата обращения: 25.03.2021)
3. Системы искусственного интеллекта — их развитие и области применения. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.directum.ru/blog-post/1927> (Дата обращения: 25.03.2021)
4. Российский рынок СЭД/ЕСМ-систем. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:СЭД_\(рынок_России\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:СЭД_(рынок_России)). (Дата обращения: 26.03.2021)

Наumenko Н.А., Соловьев Н.А.

Системный анализ проблем автоматизации мониторинга технического состояния кинематических узлов по акустическому сигналу

*ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»
(Россия, Оренбург)*

doi: 10.18411/lj-04-2021-18

*Научный руководитель
Соловьев Н.А.*

Аннотация

В статье представлены результаты системного анализа возможности автоматизации мониторинга технического состояния кинематических узлов работающего двигателя по акустическому сигналу на основе его спектрального анализа с последующей компьютерной обработкой экспериментальных данных для исключения субъективизма оценки действительного состояния кинематических механизмов квалифицированным автомехаником. Доказана необходимость и актуальность автоматизации информационных процессов мониторинга технического состояния кинематических механизмов по акустическому сигналу, сформулировано основное противоречие между требованиями практики и состоянием теории автоматизации, определена цель и задачи для её достижения.

Ключевые слова: системный анализ, кинематические механизмы, техническое состояние, акустический сигнал

Abstract

The article presents the results of a system analysis of the possibility of automating the monitoring of the state of kinematic units of a running engine by an acoustic signal based on its spectral analysis, followed by computer processing of experimental data to eliminate the subjectivity of evaluating the actual state of kinematic mechanisms by a qualified auto mechanic. The necessity and relevance of automation of information processes for monitoring the technical condition of kinematic mechanisms based on an acoustic signal is proved, the main contradiction between the requirements of practice and the state of automation theory is formulated, and the goal and objectives for achieving it are defined.

Keywords: system analysis, kinematic mechanisms, technical condition, acoustic signal

В связи с пандемией, вызвавшей мировой экономический кризис, ликвидация последствий которого займет не один год, вновь становится актуальным капитальный ремонт двигателей внутреннего сгорания (ДВС), технически сложной системы со множеством входящих в его состав узлов и механизмов, построенных на различной

физической природе. Кроме того, данные НТИ «Автонет» [1] (таблица 1) свидетельствуют о существенном старении автомобильного парка России, что подтверждает экономическую целесообразность ремонта ДВС.

Таблица 1

Автомобильный парк России

Зарегистрировано автомобилей	Кол-во, млн. ед.	Доля, %	Срок эксплуатации, %	
			До 5 лет	Старше 10 лет
Легковые	44,5	84	6,6	26,0
Легкие коммерческие	4,2	8	6,9	29,1
Грузовые	3,8	7	7,4	27,0
Автобусы	0,4	1	6,7	22
Всего	53,0		6,9	26,6

Особое место среди «звучащих» механизмов ДВС занимают кинематические узлы [2]: кривошипно-шатунный механизм, газораспределительный механизм и др., определение технического состояния внутренних деталей которых невозможно без разборки двигателя. Однако, опытные автомеханики уже давно используют на практике акустический метод, определяя целый ряд дефектов «на слух» по характерному звуку работающего двигателя. Однако, этот способ, не будучи подкреплён средствами автоматизации, остаётся скорее искусством, чем научно обоснованным методом. Поэтому автоматизация информационных процессов становится необходимым условием классификации технического состояния кинематических узлов по акустическому сигналу.

Состояние проблем автоматизации мониторинга технического состояния машин и механизмов по акустическому сигналу. Источники звуков работающего двигателя весьма разнообразны. Практически все механизмы ДВС, включая неподвижные, под действием механических нагрузок вибрируют на вынужденных и собственных резонансных частотах, что создает весьма сложную акустическую картину. Поэтому любое отклонение от нормальной работы двигателя обязательно отразится на спектре акустического сигнала.

Проблемам автоматизации мониторинга технического состояния машин и механизмов по виброакустическому сигналу посвящены работы Генкин М.Д., Соколовой А.Г., Балицкого Ф.Я., Ивановой М.А., Хомякова Е.И., Баркова А.В., Барковой Н.А. [3,4,5] и других отечественных исследователей.

Обобщая результаты исследований, можно сделать вывод, что в настоящее время сложилась система методов, моделей и средств неразрушающего контроля технического состояния кинематических механизмов, позволяющая решать широкий спектр задач классификации. В настоящее время ИТ-рынок предлагает различные средства автоматизации информационных процессов определения технического состояния механизмов и узлов кинематики по акустическому сигналу [6,7]. Вместе с тем, современные средства классификации, как правило, автоматизируют лишь первичную обработку акустических сигналов [9-12]:

- вычисление амплитудных спектров на основе измерения основных акустических параметров (визуализация спектра сигнала);
- цифровую фильтрацию с управляемой частотой среза;
- вычисление усреднённых в заданной частотной полосе значений спектральных составляющих;
- сигнализацию при отклонении одного из измеряемых параметров акустического сигнала от его критического значения.

Кроме того, известные методы автоматизации требуют значительных временных и ресурсных затрат. Поэтому развитие методов решения задачи классификации технического состояния объектов по акустическому сигналу остается **актуальной** задачей

научных исследований, **объектом** которых становится информационное и программное обеспечение автоматизированных информационных систем мониторинга технического состояния кинематических объектов.

Теоретические предпосылки и постановка задачи. Системный анализ решений проблемы классификации технических объектов по акустическому сигналу выявил ряд противоречий между требованиями практики и состоянием теории классификации технического состояния, основным из которых становится противоречие между существенно возросшей сложностью акустической картины классификации технического состояния при недопустимо высоком уровне ложной классификации и отсутствием методов автоматизации цифровой обработки акустических сигналов работающего двигателя [9,11]. Отсюда, **предметом** исследования становятся методы, модели и средства автоматизации информационных процессов классификации технического состояния кинематических объектов по акустическому сигналу.

Эти обстоятельства определяют **цель исследования**: повышение достоверности классификации технического состояния кинематических механизмов на основе цифровой фильтрации акустических сигналов работающего двигателя.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач научного характера. Во-первых, при наложении вынужденных и собственных колебаний деталей кинематических узлов при меняющейся во времени амплитудно-частотной картиной с учетом интерференции суммарный акустический сигнал становится нестационарным. Поскольку общий частотный диапазон акустического сигнала кинематических узлов достаточно широк (единицы Гц – десятки кГц), то в любом случае мерность параметрического пространства будет значительной. Возникает сложная задача – выделить признаки, обеспечивающие достаточную информативность для решения классификационных задач идентификации состояний кинематики. Ни один из существующих методов не решает задачу выделения информативных признаков (параметров сигнала), пригодных для практического построения системы распознавания дефектов кинематических узлов по акустическому сигналу. Решение этой задачи является основным фактором, сдерживающих развитие автоматических акустических систем классификации для распознавания дефектов механизмов. Потребность больших объёмов вычислительных операций значительно затрудняет практическую реализацию этого подхода. Поэтому возникает вторая задача – минимизация пространства информативных признаков до построения распознающей системы. Для этого должны быть разработаны критерии информативности не только каждого признака в отдельности, но и их сочетаний.

Задача разработки математической модели кинематического объекта, основанная на акустическом эффекте функционирования и связывающая различные отклонения в его техническом состоянии с изменениями спектра акустического сигнала аналитически исключительно сложна [9-12]. Поэтому возможным способом выявления указанных связей становится построение классификатора эмпирическим методом на основе выборки записей звука работающих двигателей, находящихся как в исправном состоянии, так и с различными отклонениями и дефектами деталей. В этих условиях построение классификатора с заранее определённым набором информативных признаков, распознаваемых классов и решающих правил потребует адаптации классификатора к появлению новых состояний. Поэтому конечной целью исследований должна стать разработка автоматизированной системы, адаптивной к новым классам дефектов.

Таким образом, имеются несомненные физические и теоретические предпосылки для создания систем автоматической классификации технического

состояния кинематических узлов и механизмов, на пути практического построения которых имеется ряд ещё нерешенных теоретических и практических задач, рассмотрению которых будет посвящено дальнейшее исследование.

1. Автомобильный парк России [Электронный ресурс] // Аналитическое агентство «Автостат». – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/4267978> – 25.02.2020.
2. Расчет ёмкости рынка автокомпонентов и запчастей для легковых автомобилей России. [Электронный ресурс] //INFO-PARTS.RU Режим доступа: <https://info-parts.ru/all-publications.html?start=40> – 24.09.2020.
3. Генкин, М.Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов /М.Д. Генкин, А.Г. Соколова – М.:Машиностроение, 1987. – 288 с.
4. Балицкий, Ф.Я. Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов /Ф.Я. Балицкий, М.А. Иванова, А.Г. Соколова, Е.И. Хомяков. – М.: «Наука», 1984. – 120 с
5. Вибродиагностика. Неразрушающий контроль. Справочник /Ф.Я. Балицкий, А.В. Барков, Н.А. Баркова – М.: Машиностроение, 2005. - 829 с.
6. Суворов В. Н. Многоканальный виброизмерительный комплект К5101 //Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006, №1. С. 36-37
7. Рыжов С.Н. Средства вибродиагностики технологического оборудования // Датчики и Системы. 2006, № 10. – С. 43-46
8. Дрейзин, В.Э. Акустическая диагностика автомобильных двигателей. Анализ возможностей и теоретические и практические предпосылки [Текст] / В.Э. Дрейзин, М.М. Касем, Д.С. Сабельников // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, № 4, 2009. С.48-56.
9. Гетманов В. Г., Гридин В. Н., Царева Е. Б. Применение технологии обобщенного Фурье-анализа для цифровой обработки структурно-сложных нестационарных колебательных сигналов // Информационные технологии. 2005, № 9. С. 55-60.
10. Меркушева А. В. Вреямасштабные преобразования для анализа динамики спектра нестационарного сигнала в информационно-измерительных системах // Информационные технологии. 2005, № 2. С. 44-48
11. Дмитриев Е. В. Расчет естественного спектра и тренда процессов, сигналов, функций // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007, №10. С. 38-44
12. Аврамчук В.С. Метод определения неисправного цилиндра двигателя внутреннего сгорания на основе частотно-временного корреляционного анализа /В.С. Аврамчук, В.А. Фаерман // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2018, №3. С. 37-43

Окатов Д.А., Минеева Т.А.

Парный корреляционный анализ статистической обработки данных в медицине

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова
(Россия, Архангельск)*

doi: 10.18411/lj-04-2021-19

Аннотация

Данная статья посвящена изучению парного корреляционного анализа с целью использования его в статистической обработке данных в медицине. В статье рассматривается понятие парного корреляционного анализа, его применение в выявлении связи летальности от дня распространения эпидемии коронавируса.

Ключевые слова: корреляция, медицина, анализ, статистическая обработка данных.

Abstract

This article is devoted to the study of pair correlation analysis in order to use it in statistical data processing in medicine. The article discusses the concept of pair correlation analysis, its application in identifying the relationship of mortality from the day of the spread of the coronavirus epidemic.

Keywords: correlation, the medicine, analysis, statistical data processing.