

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Пундика Михаила Александровича на тему «Повышение надежности
винтовых компрессоров охлаждающих установок пищевой
промышленности», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты
пищевых производств

Общая характеристика работы

Основное содержание работы изложено на 155 страницах машинописного текста, который состоит из 5 разделов и 3 приложений. Диссертация проиллюстрирована 56 рисунками и содержит 32 таблицы. Список использованной литературы содержит 152 наименования.

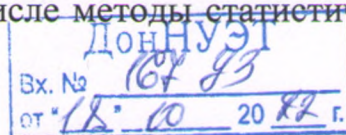
Актуальность для науки и практики

Проблема повышения надежности энергетического оборудования в пищевой промышленности давно обсуждается в научном сообществе, а в последнее время интерес к такой тематике значительно усилился, что способствовало разработке групп стандартов по оценке рисков и надежности технологического оборудования. К такому виду технологического оборудования в пищевой промышленности относится и компрессорные агрегаты, которые за последние годы расширили свою номенклатуру созданием принципиально новых моделей. По своей структуре компрессорные агрегаты являются наиболее сложными элементами, с технической точки зрения, которые требуют особого внимания и навыков при проведении технического обслуживания. Несвоевременное проведение технического обслуживания, в том числе и механизмов роторного типа, приводит к нарушению технологических процессов, а отсутствие информационной картины о техническом состоянии объекта на раннем этапе развития повреждения зачастую приводит к полному выходу из строя дорогостоящей механической части оборудования.

Поэтому данная работа, направленная на предотвращение внезапных отказов в работе компрессорно-конденсаторного агрегата линий охладений на предприятиях пищевых производств за счет комплексного подхода к оценке фактического технического состояния методом ранней технической диагностики, безусловно, актуальна и своевременна.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, выводы и рекомендации, изложенные в рецензируемой диссертации, обоснованы системным анализом работы в области развития методов технической диагностики по температурным и вибрационным характеристикам объекта. В работе рассмотрены существующие методы технической диагностики, их преимущества и недостатки. В процессе исследований применялись как традиционные, так и адаптированные методы исследований, в том числе методы статистического



анализа отказов. Обработка экспериментальных данных проведена корректно, с использованием современных программных средств и приложений для инженерных вычислений. Теоретические исследования включают в себя разработку диагностических матриц и логико-вероятностных моделей отказов. Положения и выводы диссертации апробированы в ходе научно-практической деятельности автора. Основные результаты по теме диссертационной работы опубликованы в 11 научных работах ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК ДНР и РФ.

Структура и содержание диссертации

Диссертация Пундика М.А. носит заверченный характер, состоит из пяти разделов, последовательно отображающих логику исследования и позволяющих раскрыть объем и содержание научных положений, обосновать выводы и рекомендации, сделанные автором.

Во введении обоснована актуальность темы, поставлены цели и сформулированы задачи диссертационного исследования. Отмечена научная новизна, практическая ценность результатов, личный вклад диссертанта.

В первом разделе проанализировано современное состояние вопроса по направлению темы диссертации, изложены теоретические предпосылки исследований, на основе которых сформулированы задачи исследования диссертационной работы. Выполнен литературный анализ методов технической диагностики компрессорных агрегатов на основе теплофизического и вибрационного методов. На основании проведенных аналитических исследований определена дальнейшая структура комплекса научных исследований по повышению надежности винтовых компрессоров.

Во втором разделе построены и рассмотрены диагностические матрицы основных узлов компрессорно-конденсаторного агрегата пищевой промышленности. На основе диагностических матриц была разработана структурная схема надежности агрегата и определена вероятность безотказной работы с помощью Булевых выражений. Для вероятностной оценки отказов в работе механической части компрессорно-конденсаторного агрегата проведен статистический анализ отказов на основе сведений о ремонтных воздействиях. Качественный анализ гистограмм подтверждает гипотезу о нормальном законе распределения случайной величины отказов и определяет, что на каждые сто тысяч отказов компрессорно-конденсаторного узла с вероятностью в интервале от 7,67% до 11,67% будут отказы, связанные с выходом из строя винтовой пары, а в интервале от 6,48% до 10,48% - отказы, связанные с работой на отказ подшипникового узла.

В третьем разделе разработана стратегия исследований, которые были указаны в поставленных задачах. Разработан экспериментальный стенд для определения вибрационных характеристик имитируемого подшипникового узла. Для получения многофакторных моделей в ходе экспериментальных исследований была адаптирована под частный случай методика комплексного исследования с применением планирования эксперимента.

В четвертом разделе представлены результаты исследований по определению технического состояния рассматриваемого вертикального герметичного винтового компрессора. Автором был проведен ряд наблюдений за техническим состоянием вертикального герметичного винтового компрессора, что позволило получить практические данные о температуре и вибрации исследуемого объекта. В рамках этого раздела должное внимание уделено спектральному анализу виброускорения компрессорного агрегата, что позволило сделать акцент на проблематике применения метода ранней технической диагностики и определить такое понятие как «затухание» вибрационного сигнала в масляной среде. Для определения степени влияния компрессорного масла на результаты технической диагностики были проведены серии экспериментальных исследований статистическим методом Бокса-Уилсона с планом типа 2^3 . Исследуемый образец минерального компрессорного масла VG-100 нагревался от 25°C до 55°C, что максимально отображает реальную рабочую температуру камеры сжатия рабочего тела в винтовом компрессоре. Частотный диапазон воспроизведения вибрационного сигнала составлял 500-1000 Гц, а толщина масляной ванны варьировалась от 0,10 до 0,15 м. Анализ полученных результатов позволяет описать реальную картину изменения среднеквадратичного значения виброускорения при варьировании рассмотренных факторов с уровнем значимости $\alpha = 0,05$. Серия дополнительных исследований позволила определить разницу входного и выходного сигнала, среднеквадратичного значения виброускорения, что позволяет сделать вывод о значимости влияния компрессорного масла на картину технического состояния винтового компрессора, при учете которой, истинное значение виброускорения должно возрасть на 68-96,5% в зависимости от температуры масла и отдаленности диагностируемого подшипников узла от кожуха компрессора.

В пятом разделе рассмотрена и предложена автоматизированная схема диагностики компрессорного агрегата, которая включает в себя контроль не только набора исследуемых параметров, но и набор дополнительных, тем самым позволяя исключить внезапные отказы системы связанные с утечками холодильного агента, перегревом обмотки электродвигателя и перепадами напряжения. Предложенная автоматизированная схема диагностики включает в себя «Блок задания установок», где происходит автоматический сбор, анализ и контроль основных параметров в режиме реального времени и сравнение их с предельно-допустимыми значениями. Полученные разностные сигналы по контролируемым и измеряемым величинам поступают в блок «Алгоритм диагностирования», где в зависимости от величины разностного сигнала происходит выбор одного из трёх уровней диагностирования. Способ и устройство диагностирования охватывает возможные режимы работы компрессорно-конденсаторного агрегата с учётом особенностей функционирования компрессора и приводного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором что, решает

поставленную задачу на базе современных средств микропроцессорной техники.

Научная новизна положений, выводов рекомендаций, сформулированных в диссертации

К наиболее важным научным результатам исследования, характеризующим его новизну, могут быть отнесены:

- установление комплексной зависимости вероятности безотказной работы компрессорно-конденсаторного агрегата от технического состояния его основных узлов;
- разработка метода раннего диагностирования электромеханической и тепловой системы компрессорно-конденсаторного агрегата по комплексу диагностических параметров;
- разработка диагностических матрицы неисправности компрессорно-конденсаторного агрегата охлаждающих установок предприятий пищевой промышленности с учетом внешних и внутренних факторов воздействия;
- логико-вероятностная модель изменения технического состояния компрессорно-конденсаторного агрегата от степени развития дефекта ее основных узлов;
- функциональная взаимосвязь влияния температуры масла, частотного диапазона и расстояния пройденного вибрационным сигналом через масляный слой на «затухание» вибрационного сигнала среднеквадратического значения виброускорения;
- структурно-логическая схема диагностики компрессорно-конденсаторного агрегата по вибрационным, тепловым и токовым параметрам.

Практическое значение полученных результатов заключается в:

- разработке методике оценки технического состояния компрессорно-конденсаторных агрегатов на ранних этапах развития повреждений механической части.
- разработке алгоритма определения вибрационных характеристик компрессорно-конденсаторного агрегата и оценка его технического состояния.
- разработке предложений по определению контрольно-диагностирующих точек технического состояния подшипникового узла для вертикального герметичного винтового компрессора.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней

Содержание диссертации, её актуальность, научная новизна и практическая ценность, выводы и рекомендации, автореферат и приведенные публикации в должной степени соответствуют пункту 2.2, Положения о присуждении ученых степеней.

Личный вклад

Заключается в анализе состояния проблемы, обосновании и формировании темы диссертации, выборе направления и разработке методики исследований, установлении комплексной зависимости

вероятности безотказной работы основных узлов компрессорно-конденсаторного агрегата, математической обработке зависимостей изменения температурных и вибрационных характеристик, формулировании выводов. Автору принадлежат основные идеи опубликованных в соавторстве и использованных в диссертации научных работ.

Замечания и вопросы по работе

1. В первом разделе диссертационной работы рисунок 1.1 – Герметичный вертикальный винтовой компрессор, условные обозначения содержат ряд неточностей в описательной части.
2. Раздел 1.3.1. Теплофизический метод технической диагностики компрессорно-конденсаторных агрегатов, в должной степени описаны приборы для проведения технической диагностики, но без методов, нормативных документов, достоинств и недостатков ее проведения.
3. Раздел 2 – Теоретическое обоснование раннего диагностирования на основе логико-вероятностных моделей приведена формула 2.1. – определение интенсивности отказов, которая не несет никакой численной или информационной нагрузки для данного раздела.
4. Таблица 2.1 – Использование методов для решения общих задач анализа надежности, не содержит метода построения диагностических матриц, которые автор разрабатывает далее в разделе.
5. Построение диагностических матриц и их информационное наполнение не содержит ссылок на литературу. Не ясно откуда автор берет приведенные сведения - из литературных источников или получены в результате наблюдений.
6. В разделе 4 таблицы 4.2-4.5 – Результаты проведения экспериментальных исследований не содержат информации о температуре воздуха окружающей среды, что является важнейшим фактором при работе компрессорно-конденсаторного агрегата.
7. В пятом разделе рисунок 5.2 – Анализ результатов диагностирования компрессорно-конденсаторного агрегата ошибочный. Согласно данному рисунку спектральный анализ содержит участок с общим поднятием уровня, имеющее большое количество случайных пиковых значений амплитуд, что явно говорит о наличии дефекта в механической части, но при этом автор утверждает, что система работает в режиме «Уровень 1. Защита» и значения вибрационных величин допустимы.

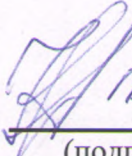
Заключение

Приведенные замечания не снижают научный уровень и практическую ценность диссертационной работы. Диссертация написана на высоком научно-методическом уровне. Автореферат и опубликованные статьи в полной мере отображают содержание работы. Актуальность темы, степень

обоснованности выводов и научных положений, достоверность и новизна результатов позволяют заключить, что диссертация Пундика Михаила Александровича «Повышение надежности винтовых компрессоров охлаждающих установок пищевой промышленности» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение проблемы, имеющей важное значение для пищевой и перерабатывающей промышленности в области повышения надежности энергетического оборудования роторного типа. Диссертация соответствует требованиям п.2.2 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства ДНР №2-13 от 27.02.2015г.), предъявляемым ВАК МОН ДНР к кандидатским диссертациям, а ее автор, Пундик Михаил Александрович, заслуживает присуждение ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств.

Настоящим я, Ченцов Николай Александрович, даю согласие на автоматизированную обработку персональных данных с указанием фамилии, имени, отчества.

Официальный оппонент
доктор технических наук
(специальность 05.02.13),
доцент,
заведующий кафедрой
«Управление качеством»
ГОУ ВПО «Донецкий
национальный
технический
университет»

 18.10.22
(подпись)

Ченцов Николай Александрович

