

## **ОТЗЫВ**

### **официального оппонента на диссертацию**

Симонова Сергея Евгеньевича

на тему «Автоматизация удаленной диагностики и мониторинга электродвигателей в непрерывном технологическом процессе»  
по специальности 2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)  
на соискание ученой степени кандидата технических наук

### **1. Актуальность избранной темы**

Диссертационная работа посвящена вопросам автоматизации удаленной диагностики и мониторинга электродвигателей в непрерывном технологическом процессе. Выбранная соискателем тема не вызывает сомнений в актуальности. Согласно указу президента РФ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» обеспечение технологической независимости и формирование новых рынков по таким направлениям, как средства производства и автоматизации является целевым показателем и задачей, выполнение которой характеризует достижение национальной цели «Технологическое лидерство». Электродвигатели являются одними из самых распространённых и критически важных компонентов в промышленности. До 30-40% внеплановых простоев промышленного оборудования связаны с отказами электродвигателей. В условиях цифровой трансформации промышленности с развитием систем искусственного интеллекта, промышленного интернета вещей становятся доступны к разработке и внедрению интеллектуальные системы мониторинга и прогнозирования технического состояния оборудования. Поэтому создание интеллектуальной автоматизированной системы обнаружения и классификации неисправностей электродвигателей безусловно является актуальной задачей.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Защищаемые Симоновым С.Е. научные положения являются логическим обобщением данных, приведенных во всех разделах диссертации. Полученные в работе выводы подтверждены практическим использованием их результатов путем их апробации на реальных объектах (согласно акту, результаты находятся на стадии пробной эксплуатации), а также результатами обсуждения полученных результатов со специалистами в области управления, диагностики электропривода и построения автоматизированных систем управления. Результаты работы докладывались и обсуждались на четырех научных конференциях.

Вынесенные на защиту основные положения и основные выводы логически связаны с целью диссертации, состоящей в повышении эффективности эксплуатации технологического оборудования в непрерывном технологическом процессе за счёт разработки автоматизированной системы удаленной диагностики непрерывного мониторинга электродвигателей, основанной на интеллектуальных методах обнаружения и классификации неисправностей, учитывающих взаимосвязь диагностических параметров электродвигателей. Выводы, сделанные автором, имеют ценность для науки и производства.

## **3. Достоверность и новизна полученных результатов**

Новизна полученных результатов диссертации Симонова С.Е. состоит в том, что:

- разработана модель функционирования электродвигателя, отличающаяся от существующих возможностью учитывать взаимосвязь между измеряемыми параметрами (вибрация, температура, электромагнитная составляющая) и режимами его работы;
- разработан метод генерации синтетических данных, отличающийся от существующих возможностью учитывать конструктивные особенности различных типов электродвигателей и их режимов работы, а также взаимосвязи

между измеряемыми параметрами, что обеспечивает расширение обучающих выборок для интеллектуальных методов диагностики и позволяет моделировать данные, близкие к реальным не менее чем на 94 %;

- разработан метод автоматизированной удаленной диагностики и непрерывного мониторинга электродвигателей, реализованный в виде программно-аппаратного комплекса на базе IoT-контроллера, отличающегося от существующих возможностью работать в локальной сети предприятия и обеспечивать сбор и обработку данных при отсутствии промышленного Интернета;

- разработана интеллектуальная автоматизированная система удаленной диагностики и непрерывного мониторинга технического состояния электродвигателей на основе интеллектуальных методов обнаружения и классификации неисправностей электродвигателей, отличающаяся от существующих количеством одновременно анализируемых параметров, что дает точность обнаружения и классификации неисправностей не менее 88 %.

#### **4. Теоретическая ценность и практическая значимость полученных автором результатов**

Практическая значимость полученных результатов обусловлена внедрением в производственную деятельность ООО «ЭНЕРГОСТАНДАРТ» (г. Москва) в систему удаленной диагностики и мониторинга электродвигателей конвейерного оборудования для своевременного обнаружения, и классификации неисправностей, а также в учебный процесс кафедры «Математическая кибернетика и информационные технологии» Московского технического университета связи и информатики (МТУСИ).

#### **5. Оценка содержания диссертации, ее завершенность**

Работа изложена на 229 страницах. Текст диссертации содержит 44 рисунка. 12 таблиц и приложения на 4 страницах. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 205 источников и двух приложений (А и Б). В тексте диссертации отсутствует аннотация.

Во введении обоснована актуальность работы, дан анализ степени разработанности темы исследования, определены цель и задачи, описан объект и предмет исследования и разработок, определены методы исследования, сформулирована научная новизна результатов работы, её теоретическая и практическая значимость, приведены сведения по соответствию паспорту специальности. Во введении изложены положения, выносимые на защиту, подтверждение достоверности выводов и результатов исследования, приведены сведения об апробации результатов исследования о публикациях, приведена структура и объем работы.

В первой главе диссертации проведен обзор методов предиктивной аналитики электродвигателей в автоматизированных системах управления производством. Приведена информация о классификации и составе автоматизированных систем управления, о подходах к осуществлению предиктивной аналитики технологического оборудования в рамках концепции «Индустрия 4.0», об основных типах электродвигателей и режимов их работы, о классификации неисправностей электродвигателей, о методах диагностики состояния электродвигателя в непрерывном технологическом процессе.

Во второй главе приводится описание методов обработки показателей электродвигателя. Приводятся этапы и описание процесса создания обобщенной модели функционирования электродвигателя, включающая вибрационные и тепловые эффекты, а также процесса разработки специализированного программного обеспечения для генерации синтетических данных.

В третьей главе диссертации представлен процесс разработки программно-аппаратного комплекса автоматизации удаленной диагностики и непрерывного мониторинга электродвигателей, а именно: разработка устройства промышленного интернета вещей для непрерывного мониторинга электродвигателей, разработка мобильного приложения для получения данных с IoT-устройства, разработка серверной части автоматизированной системы управления удаленной диагностикой и непрерывным мониторингом электродвигателей, разработка человеко-машинного интерфейса взаимодействия

с системой управления удаленной диагностикой и непрерывным мониторингом электродвигателей.

В четвертой главе на основе проведенных исследований разработан интеллектуальный модуль автоматизированной системы удаленной диагностики и непрерывного мониторинга электродвигателей.

В заключении обобщаются результаты и выводы, полученные в ходе диссертационной работы.

#### **6. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования.**

Давая положительную оценку работе в целом, можно отметить следующие недостатки:

1. Текст диссертации содержит грамматические, а также лексические и стилистические ошибки в некоторых научных формулировках и словосочетаниях, что сильно затрудняет понимания сути рассматриваемых соискателем научных вопросов. Например, частью из них являются:

- словосочетания со словом «достаточно» без четких критериев оценки меры достаточности - «наличие достаточного объема данных» (стр. 180), «методы показали достаточно хороший результат» (стр. 195), «на достаточно крупном производстве» (стр. 57).

- Замена устоявшихся терминов собственными – например под словосочетанием «датчики должны поддерживать аналоговый вывод показаний» (стр. 117) видимо автор подразумевает аналоговый выходной сигнал.

- «датчики разрабатываемой платы должны быть выносными» (стр. 117). Датчики либо устанавливаются на плате, либо являются выносными. Тогда они к плате подключаются. Вероятно, автор подразумевал «датчики разрабатываемого IoT-устройства»

2. В пункте степень разработанности темы исследования автор выделяет и приводит 27 ученых, рассматривающих научные вопросы по теме диссертации.

При этом в списке литературы трудов большинства из представленных авторов не обнаружено.

3 Теоретические выводы предыдущих исследований, на которые опирается автор, приводятся, но не подтверждаются ссылками. Например, в теоретической главе 1.1 7 страниц и нет ни одной ссылки.

4. Теоретические изыскания автора не всегда имеют связь с практическими результатами. Например, в главе 1.2 автор приводит обширное описание технологического процесса синтеза аммиака как пример непрерывного процесса и в дальнейшем к связям данного процесса и результатов диссертации не возвращается. Акт внедрения получен для АСУТП конвейерной линии компании ООО «Энергостандарт». Для чего рассматривается процесс синтеза аммиака становится неясным.

5. В конце первой главы диссертации автор пишет «были сформулированы требования к проектируемой автоматизированной системе управления непрерывным мониторингом и диагностикой электродвигателей, а также ее проблематика» после чего приводит список из восьми пунктов. При этом если учесть, что проблематика - это совокупность противоречий, сложных вопросов или задач, которые требуют решения, а требования - это требования, которые предъявляются к системе на этапе её создания, то непонятно как автор соединяет эти два понятия и приводит список требований к системе, которые одновременно являются ее проблематикой или наоборот.

6. В конце первой главы на стр. 60 автор пишет «Данное программное обеспечение должно отправлять информационные управляющие сигналы о потенциально аварийных состояниях электродвигателей на автоматизированное рабочее место инженеру-технологу». Необходимо пояснить сигналы являются информационными или управляющими, или и теми, и другими. И в случае, если сигналы являются управляющими необходимо пояснить, как они могут управлять инженером-технологом. Далее автор снова употребляет термин информационно-управляющий сигнал в следующем контексте «программное обеспечение должно отправлять информационно-управляющий сигнал в инженерную службу,

уведомляя о потенциально возможных неисправностях». При этом при использовании слова «уведомляя» становится очевидным, что сигнал информационный, и термин информационно-управляющий сигнал, вероятно, является некорректным.

7. Рисунок 1.11 «Структурная схема разработанной автоматизированной системы управления непрерывным мониторингом и диагностикой электродвигателей» содержит ряд ошибок, среди которых:

- В схеме от блока ЛПР Технолог к модулю SCADA – системы ведет стрелочка, имеющая подпись управленческие команды. Если принять во внимание, что управленческая команда – это группа руководителей высшего звена, которые совместно принимают стратегические решения и управляют компанией, то данная подпись вызывает вопросы.
- Показатели электродвигателей в базу данных на сервере идут напрямую и через мобильное устройство. Таким образом, показатели электродвигателей дублируются в базе данных сервера.

8. На рисунке 2.6 представлен «Анализ показателей при деформации подшипника математическими методами анализа временных рядов», где для сигнала длительность 10 секунд показаны: сигналы вибрации длительностью 5 секунд с размером шкалы 6 секунд, вейвлет и другие преобразования от 0 до 5 секунд при этом для анализа Вингера-Вилля показано, что по оси абсцисс представлено время от -0.4 с до 0.4 с.

9. На рисунках 2.6–2.13 приведены графики изменения различных параметров электродвигателя на интервале времени 10 секунд. При этом за указанный временной интервал лишь некоторые параметры достигают установившегося режима.

10. На рисунке 3.2 приводится схема взаимосвязи программных модулей проекта и описание к ней «показатели записываются в файл на IoT-контроллере.... Далее, по Bluetooth-соединению мобильное приложение отправляет запрос на получение сообщения и принимает его с IoT-контроллера с существующими записями» принято решение «сохранять данные в локальную

базу данных мобильного приложения» Затем на рисунке 3.5 приводится архитектурна схема и на рисунке 3.8 блок-схема алгоритма «в соответствии с заданным алгоритмом программа считывает значения с датчиков вибрации, температуры и электромагнитного поля. Все полученные значения преобразуются в требуемый формат данных и записываются на SD-карту. После этого посредством Wi-Fi данные передаются на Android-приложение, где они после появления соединения с сетью передаются в базу данных на сервер». Таким образом представленное описание имеет противоречия как по части канала передачи данных, так и по части хранения данных на разных уровнях.

11. На странице 180 при описании наборов данных № 1 и № 2 в качестве источников их получения указаны ссылки [198], [199] и [119]. При этом представленные под данными номерами источники относятся к описанию программных средств и методов моделирования и не содержат самих наборов данных. Вероятно, при формировании списка литературы автор допустил ошибку и данные представлены в других источниках.

Следует отметить, что указанные замечания не снижают научную ценность и значимость результатов диссертации.

#### **7. Соответствие автореферата основному содержанию диссертации**

Основные положения рассматриваемой диссертационной работы в полной мере отражены в автореферате соискателя, что свидетельствует о соответствии автореферата основному содержанию диссертации.

#### **8. Соответствие диссертации и автореферата требования ГОСТ Р**

##### **7.0.11-2011**

Диссертационная работа С.Е. Симонова соответствует паспорту научной специальности 2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

Структура диссертации и ее оформление, а также структура автореферата и его оформление соответствует ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

**9. Заключение о соответствии диссертации критериям,  
установленным «Положением о присуждении ученых степеней» по пунктам  
10, 11 и 14**

По п.10: Диссертационная работа подготовлена в форме рукописи, написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством и содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертационного исследования в науку. В диссертации приводятся сведения о практическом использовании полученных научных результатов.

По п.11: основные научные результаты диссертации в достаточной мере отражены в 11 научных публикациях, в том числе 3 работы в рецензируемых периодических изданиях, входящих в перечень ВАК, 5 работ в научных изданиях, индексируемых в международной базе Scopus. Получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

По п.14: в диссертации имеются ссылки на заимствованные материалы. В списке литературы приведены основные работы по теме диссертации, в том числе, опубликованные автором.

Это позволяет считать, что диссертация Симонова С.Е. «Автоматизация удаленной диагностики и мониторинга электродвигателей в непрерывном технологическом процессе» соответствует требованиям, установленным в пунктах 10-14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям.

**10. Заключение по диссертации**

Диссертация Симонова Сергея Евгеньевича на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой. Задачи, поставленные в диссертации решены в полном объеме, защищаемые положения сформулированы четко и однозначно, а все материалы, предоставленные в работе подтверждены экспериментальными исследованиями. Диссертант показал владение современными методами исследования.

