

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента**

**доктора технических наук**

**Воеводы Александра Александровича**

**на диссертационную работу Ульянова Александра Дмитриевича «Формирование автоматической системы диагностирования колебательных промышленных объектов с запаздыванием», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)»**

### **Актуальность темы диссертации**

В современной промышленности определение степени износа промышленных объектов и прогнозирование ремонтных работ является первостепенной задачей. Своевременный ремонт позволяет значительно снизить финансовые издержки предприятия, а прогнозирования постепенных отказов – спланировать график ремонтных работ.

Оппонируемая диссертационная работа Ульянова А.Д. направлена на решение научной задачи, актуальной для всей промышленности в целом. Одним из возможных способов решения данной задачи является разработка специализированной автоматической системы диагностирования промышленных объектов. Таким образом, выбранная тема и направление научной работы ориентированы на решение актуальной научно-промышленной задачи.

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

Обоснованность полученных результатов научного исследования подтверждена широким использованием научных работ зарубежных и отечественных исследователей в области автоматического и автоматизированного управления и диагностирования. Автором исследованы и критически проанализированы современные алгоритмы и методы идентификации и диагностирования промышленных объектов в режиме их нормального функционирования.

Библиографический список содержит 132 литературных источника отечественных и зарубежных авторов. Достаточный уровень объективности и адекватности выводов соискателя **базируется на** теоретических и

прикладных исследованиях, выполненных с применением современных аппаратных и программных средств, и **подтверждается использованием** в работе публикаций в периодических изданиях по близкой к исследуемой соискателем тематике, а также технических описаний и рекомендаций по применению из иностранных и отечественных источников.

### **Достоверность и новизна полученных результатов**

Достоверность полученных результатов обеспечивается обоснованностью применяемых методов, используемых при решении задач структурной идентификации, коррелируемостью теоретических исследований с результатами экспериментов, проводимых на промышленных объектах в реальных условиях.

Новизна проведенных научных исследований заключается в разработке следующих методов и алгоритмов.

1. Метод вторичной идентификации, который значительно сокращает ошибку идентификации за счет уточнения полученных структурных параметров. Предложенный метод отличается от известных тем, что позволяет получить значение структурных параметров с требуемой точностью.

2. Алгоритм определения устойчивости автоматических систем, отличающийся от известных тем, что позволяет получать в системе контролируемые колебательные процессы, необходимые для проведения дальнейшей диагностики.

3. Метод резонансного диагностирования, позволяющий определять техническое состояние объекта, в том числе значения структурных параметров, и прогнозировать постепенные отказы промышленного объекта по величинам резонансных частот.

4. Автоматическая система диагностирования, совмещающая в себе все рассмотренные ранее методы и алгоритмы, и позволяющая проводить диагностику любых тепловых и электрических промышленных объектов.

### **Теоретическая и практическая значимость исследования**

*Теоретическая значимость* научного исследования заключается в развитии методов (алгоритмов) идентификации и диагностирования промышленных объектов. Разработанные методы и алгоритмы идентификации и диагностирования позволяют решать задачу контроля за значениями структурных параметров, которые не могут быть определены

при помощи датчиков или измерения которых являются дорогостоящими и трудозатратными операциями. Полученные в ходе исследований наработки могут быть использованы в комплексных системах диагностирования и мониторинга.

**Практическая значимость** научного исследования заключается в реализации автоматической системы диагностирования а также разработке метода пробных подключений. Отметим в частности, что предмет исследования – созданная автором автоматическая система диагностирования – была разработана для широкого класса промышленных объектов с целью повышения срока службы объектов, сокращения срока ремонтных работ за счет своевременного диагностирования важных параметров, и расхода на текущий ремонт. При незначительной модернизации системы автоматического диагностирования область ее применения может быть значительно расширена на больший спектр контролируемых объектов.

### **Оценка содержания диссертации, её завершённость**

Основные результаты диссертации изложены в пяти главах, в которых приведены этапы по разработке методов идентификации и диагностики, а также описывается создание автоматической системы диагностирования промышленных объектов разработанными методами.

**Во введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи, представлены выносимые на защиту положения, научная новизна, практическая значимость результатов исследования, сведения об апробации работы, публикациях и структуре диссертации.

**В первой главе** проведен анализ методов идентификации и диагностирования промышленных объектов; произведена общая постановка задач идентификации и диагностирования промышленных объектов; приведена классификация по разным признакам моделей и методов идентификации и диагностирования промышленных объектов; обоснован выбор детерминированных методов диагностирования, выделены ключевые особенности разрабатываемых систем диагностирования промышленных объектов.

**Во второй главе** изложены методы идентификации промышленных объектов с использованием в качестве модели дифференциальных уравнений; рассмотрено влияние запаздывания на результат идентификации;

предложен и описан метод вторичной идентификации; приведен процесс идентификации на двух промышленных объектах: гидрогенератор Братской ГЭС и САР скорости двигателя постоянного тока.

**В третьей главе** приведен анализ устойчивости систем автоматического регулирования с запаздыванием; предложен алгоритм определения критерия устойчивости систем автоматического регулирования с запаздыванием; рассмотрен модальный способ нахождения настроек ПИД-регулятора для промышленных объектов первого порядка с запаздыванием.

Также предложен способ ввода промышленного объекта в колебательный режим для получения резонансных частот и для дальнейшей диагностики объекта.

**В четвертой главе** исследован вопрос диагностирования промышленных объектов с запаздыванием; предложен резонансный метод диагностирования и метод пробных подключений; апробирован резонансный метод диагностирования на промышленных объектах (система зажигания и подвеска автомобиля, САР скорости двигателя постоянного тока).

Следует отметить, что в ходе проведения диагностирования могут быть получены системы нелинейных уравнений, где количество уравнений должно соответствовать количеству диагностируемых структурных параметров объекта. Автором предложен символьный метод решения систем уравнений с последующим эвристическим анализом полученных решений.

**В пятой главе** представлена автоматическая система диагностирования, рассмотрена структура автоматической системы, приведено детальное описание всех рабочих блоков автоматической системы.

Разработанная автоматическая система позволяет производить диагностирование любых электрических и механических промышленных объектов. При незначительной модернизации предложенная система может быть применена к любым колебательным промышленным объектам.

**В приложении** представлены: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019667480 «Диагностика промышленных объектов», акт внедрения результатов диссертационной работы в учебный процесс ФГБОУ ВО «БрГУ», акт о практическом применении полученных результатов диссертационного исследования на предприятии ООО «АВТОРАЙ».

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В главе 1 (стр. 31) автором приводится неудачное оформление целей диссертационного исследования.

2. Предложенные методы идентификации и диагностирования апробированы на конкретных примерах: гидрогенераторе Братской ГЭС, системе автоматического регулирования скорости двигателя постоянного тока, системе зажигания и подвески автомобиля, хотя очевидно, что они применимы для гораздо большего класса промышленных объектов с запаздыванием.

3. В главе 3 (стр. 60) автором не уточняется класс промышленных объектов, к которому может быть применен предложенный алгоритм определения устойчивости системы автоматического регулирования с запаздыванием. В диссертации алгоритм рассматривается только на примере системы автоматического регулирования Братской ГЭС.

4. В четвертой главе (стр. 81) следовало бы провести более тщательное сравнение предложенного метода резонансного диагностирования промышленных объектов с запаздыванием с уже существующими методами диагностирования.

5. Выводы по диссертации представлены в хронологическом порядке, соответствующим главам, что не позволяет оценить значимость каждого вывода. Выводы 1-5 следовало бы сформулировать в другой последовательности- 3, 1, 4, 5, 2.

6. В диссертации главы 1, 2, 3 по сравнению с главами 4, 5 несколько перегружены.

7. К сожалению, в тексте диссертации имеется ряд стилистически неудачных выражений, описок и т.п. (например, на стр. 29, 42, 57, 59, 62, 70, 81 и др.). Автором, на взгляд оппонента, выбрана неудачная аббревиатура “промышленный объект” - ПО, обычно трактуемая как “программное обеспечение”.

### **По автореферату можно сделать следующие замечания**

1. Приводится недостаточно полное описание содержания первой главы, неудачная формулировка задачи исследования.

2. В автореферате также имеются опечатки и неточности (например, на стр. 6, 7, 11, 15, 17).

В целом приведенные замечания носят редакционный характер и не влияют на существо, научную и практическую значимость полученных в диссертационной работе результатов.

### **Соответствие диссертации паспорту специальности**

Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)» и соответствует следующим его пунктам: п. 6 - Научные основы, модели и методы идентификации производственных процессов, комплексов и интегрированных систем управления; п. 13 - Теоретические основы и прикладные методы анализа и повышения эффективности, надежности и живучести АСУ на этапах их разработки, внедрения и эксплуатации; п. 14 - Теоретические основы, методы и алгоритмы диагностирования, (определения работоспособности, поиск неисправностей и прогнозирования) АСУТП, АСУП, АСТПП и др.

### **Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011**

В целом оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011, однако рекомендуемый объем автореферата несколько превышен и составляет 21 страницы. Автореферат диссертации полностью отражает основное содержание диссертационной работы.

### **Заключение**

Диссертация Ульянова Александра Дмитриевича является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной силами автора-соискателя на высоком научно-техническом уровне и содержащей новые научные результаты. Получены новые научные результаты в области идентификации и диагностирования промышленных объектов, проведено исследование систем автоматического управления и создана автоматическая система диагностирования. В работе представлены научные результаты, позволяющие их квалифицировать как имеющие существенное значение для развития автоматизации в системах диагностирования.


Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа базируется на достаточном количестве исходных данных, требований, обоснований, примеров, отечественных и зарубежных научных публикаций.

Диссертация написана хорошим техническим, семантически ясным научным языком, аккуратно оформлена. В конце каждой главы представлены выводы, в завершающем разделе диссертации приведено заключение, содержащее результаты и выводы по проделанной работе.

Указанные замечания не являются определяющими.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 22 печатных работах: из них 4 в реферируемых журналах из перечня ВАК РФ, статья в журнале, входящем в международную базу цитирования Scopus, издана монография и получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Таким образом, оппонируемая диссертационная работа полностью отвечает требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013г. (в ред. Постановлений Правительства РФ от 21.04.2016 № 335, от 02.08.2016 № 748, от 29.05.2017 № 650, от 28.08.2017 № 1024, от 01.10.2018 № 1168), а её автор – Ульянов Александр Дмитриевич – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)».

Официальный оппонент – профессор  
кафедры Автоматики, д.т.н., ФГАОУ ВО /  / А.А. Воевода  
«Новосибирский государственный  
технический университет».

Контактные данные: 630073, г. Новосибирск, пр.К.Маркса, д. 20

тел: +7(383) 346-56-88, +7(383) 344-49-98

E-mail: voevoda@corp.nstu.ru

