



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ФГБОУ ВО «Братский  
государственный университет»,

д.т.н., профессор,

Иванов Виктор Александрович

« 6 » сентября 2019 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования «Братского государственного университета»

Диссертация «Формирование автоматической системы диагностирования  
колебательных промышленных объектов с запаздыванием» выполнена в  
федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении  
высшего образования «Братский государственный университет»

В период подготовки диссертации с 2012г. по 2019 г. соискатель Ульянов  
Александр Дмитриевич работал в Братском государственном университете на  
кафедре Управления в технических системах старшим преподавателем. В 2015  
г. окончил аспирантуру Братского государственного университета по научной  
специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка  
информации (технические науки)

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2019 г. федеральным  
государственным бюджетным образовательным учреждением высшего  
образования «Братский государственный университет».

Научный руководитель – Лузгин Владимир Васильевич, кандидат  
технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования «Братский государственный  
университет», кафедра «Управление в технических системах».

По итогам обсуждения принято следующие заключение

**Актуальность темы исследований.** Надёжность и безаварийность промышленных объектов современной промышленности во многом определяет качество и объём выпускаемой продукции. Эффективность эксплуатации определяется увеличением времени безаварийной работы и снижением времени на проведение ремонтных работ. На современном этапе развития автоматизированных систем идентификации и диагностирования все больше внимания уделяется необходимости прогнозирования постепенных отказов. Что позволяет спрогнозировать с большей точностью срок службы объекта диагностирования и проведение своевременных и обоснованных ремонтов на основе предложенных методов идентификации и диагностирования.

Теоретические обоснования идентификации динамики технических объектов и систем приведены в работах: В.А. Бесекерского, М.В. Келдыша, М.А. Лаврентьева, Г.И. Марчука, Б.Н. Петрова, Е.П. Попова, Н.С. Райбмана, В.В. Солодовникова, А.Н. Тихонова, Я.З. Цыпкина, П. Эйкхоффа и других ученых. Весомый вклад в становление и развитие технической диагностики сложных промышленных объектах как науки внесли ученые: И.А. Биргер, Д.В. Гаскаров, А.В. Мозгалеvский, П.П. Пархоменко, И.Н. Синдеев, Е.С. Согомонян, и др.

Совершенствование методов проведения идентификации и диагностирования промышленных объектов с учетом запаздывания является актуальной задачей, решение которой позволит своевременно оценить эксплуатационный ресурс и спрогнозировать время планово — профилактических и текущих ремонтных мероприятий с минимальными потерями выпускаемой продукции.

### **Оценка выполненной соискателем работы**

В диссертации изложены новые научно обоснованные методы, модели и алгоритмы идентификации и диагностирования промышленных объектов с запаздыванием, имеющие существенное значение для развития автоматизированных систем мониторинга и диагностирования промышленных объектов, находящихся в эксплуатации.

Основными научными достижениями работы являются:

1. Разработан новый метод вторичной идентификации, позволяющий в значительной мере уменьшить интегральную ошибку идентификации динамики промышленных объектов по сравнению с существующими методами за счет уточнения структурных параметров исследуемого промышленного объекта;

2. Разработан и опробован резонансный метод диагностирования колебательных процессов в промышленных объектах, позволяющий получить более точную и полную информацию, которую можно использовать для прогнозирования постепенных отказов объектов диагностирования;

3. Предложен метод увеличения точности идентификации за счет разложения составной запаздывания  $t$  в ряд Макларена. В процессе идентификации по предложенному методу могут быть получены передаточные функции любой сложности, коэффициенты которых в той или иной мере определяются временем запаздывания  $t$ , что существенно увеличивает их диагностическую ценность;

4. Разработана автоматическая система диагностирования колебательных промышленных объектов, реализующая разработанные методы идентификации и диагностирования. Разработанная система может быть применена и для других объектов, которые допускают данный метод диагностики. Программа имеет большие возможности модернизации в области получения данных, расширения функций мониторинга и прогнозирования, объединения с другими программами.

Диссертация является цельной и логической выстроенной. Объем проделанной работы является достаточным для представления кандидатской диссертации к защите.

**Личный вклад соискателя.** Все результаты, вынесенные на защиту, получены лично автором. Основные положения формирования автоматизированной системы диагностирования колебательных промышленных объектов с запаздыванием обсуждались с научным

руководителем. В работах с соавторами соискателю принадлежит от 50 до 75 % результатов.

**Достоверность результатов.** Обоснованность и достоверность приведенных исследований подтверждена сравнением полученных данных с результатами экспериментов, четким физическим смыслом полученных результатов и их согласованностью с современными представлениями о предмете исследования.

#### **Научная новизна диссертации.**

1. Методы и алгоритмы вторичной идентификации, позволяющие повысить точность идентификации динамики промышленных объектов и достоверность диагноза о состоянии объекта диагностирования.

2. Метод решения систем нелинейных алгебраических уравнений, а также метод пробных подключений, позволяющие оперативно определять величины тех структурных параметров промышленных объектов, которые имеют определённую диагностическую ценность.

3. Резонансные методы диагностирования, их практическое применение для электрических, механических и электромеханических промышленных объектов.

4. Автоматизированная система диагностирования и мониторинга колебательных промышленных объектов.

#### **Практическая значимость диссертации.**

1. Разработан новый метод вторичной идентификации, позволяющий в значительной мере уменьшить интегральную ошибку идентификации динамики промышленных объектов.

2. Разработан и опробован резонансный метод диагностирования колебательных процессов в промышленных объектах, позволяющий получить более точную и полную информацию, которую можно использовать для прогнозирования постепенных отказов объектов диагностирования.

3. При операционном исчислении время запаздывания  $\tau$  учитывается запаздыванием переходной функции. На время запаздывания влияют

множество факторов, главный из которых техническое состояние промышленных объектов.

4. Разработана автоматическая система диагностирования колебательных промышленных объектов, реализующая разработанные методы идентификации и диагностирования.

Результаты работы используются в учебном процессе при подготовке бакалавров по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах и магистров по направлению подготовки 27.04.04 Управление в технических системах в ФГБОУ ВО «БрГУ».

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 20 печатных работ, из них: 5 статей в изданиях рекомендованных ВАК Минобрнауки России для опубликования основных результатов диссертационных исследований на соискание учёной степени кандидата наук; 1 статья в журнале, входящим в международную базу цитирования Scopus; 1 монография в соавторстве с научным руководителем; 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Результаты работы достаточно полно изложены в следующих печатных работах автора:

#### **Монографии**

1. **Ульянов А.Д., Лузгин В.В.** Методы идентификации и диагностики промышленных объектов : монография. - Братск : Изд-во БрГУ, 2017. - 146 с.

#### **Публикации в изданиях из перечня рекомендованного ВАК**

2. **Ульянов А. Д.** Методология формирования алгоритмов идентификации и диагностирования аналоговых промышленных объектов./ Лузгин В.В. Ульянов А.Д. / Системы. Методы. Технологии.- 2013. - №3(19).- С. 96-100.

3. **Ульянов А.Д.** Резонансный метод диагностирования колебательных промышленных объектов./ Ульянов А.Д, Лузгин В.В./Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ).- 2015. № 1 (40).- С. 42-45.

4. **Ульянов А.Д.** Структурная и параметрическая идентификация процесса разгона гидрогенератора со сложным управляющим воздействием./ Ульянов А.Д./ Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2015. №2 (46). – С. 105-109.

5. **Ульянов А.Д.** Прикладной метод исследования промышленного объекта с запаздыванием как объекта диагностики на примере САР гидроагрегата Братской ГЭС/ Ульянов А.Д./ Системы. Методы. Технологии.- 2016. - №1(29). – С. 70-75.

#### **Доклады в трудах конференций, индексируемых в WoS и Scopus**

6. **Ulyanov A.D.** Applied method for identification and diagnosis of automatic dc-motor speed control systems. В сборнике: 2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2019. С. 8743003.

#### **Публикации в других изданиях**

7. **Ульянов А.Д.** Электромеханическая модель гидрогенератора./Ульянов А.Д./ Молодая мысль – развитию энергетики: материалы IV Межвузовской (XI) научно-технической конференции студентов и магистров – Братск: изд-во БрГУ, 2011. – С. 177-181.

8. **Ульянов А.Д.** Автоматизированная система группового регулирования режимов работы Иркутской ГЭС/Ульянов А.Д./ Молодая мысль – развитию энергетики: материалы V Межвузовской (XII) научно-технической конференции студентов и магистров – Братск: изд-во БрГУ, 2012. – С. 210-213.

9. **Ульянов А.Д.** Перспективные методы и алгоритмы диагностирования аналоговых промышленных объектов./Ульянов А.Д. Лузгин В.В./ Труды Братского государственного университета: Серия: Естественные и инженерные науки: в 2 т. – Братск: Изд-во БрГУ, 2013. – С. 225-231.

10. **Ульянов А.Д.** Идентификация процесса разгона гидрогенератора Братской ГЭС. /Ульянов А.Д./ Труды Братского государственного университета: Серия: Естественные и инженерные науки. – Т.1. – 2015. – С. 81-

11. **Ульянов А.Д.** Структурная и параметрическая идентификация процесса разгона гидрогенератора. /Ульянов А.Д./ В сборнике: Системы проектирования, моделирования, подготовки производства и управление проектами CAD/CAM/CAE/PDM сборник статей VIII Международной научно-практической конференции. Под редакцией В.З. Зверовщикова, И.И. Воячека, Д.В. Кочеткова. 2014. – С. 92-98.

12. **Ульянов А.Д.** Параметрическая идентификация динамики разгона гидрогенератора Братской ГЭС. /Ульянов А.Д./ В сборнике: Новые технологии и проблемы технических наук. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. Инновационный центр развития образования и науки. г. Красноярск, 2014. – С. 19-21.

13. **Ульянов А.Д.** Модальный способ определения параметров ПИД-регуляторов для системы автоматического управления гидроагрегатом. Труды Братского государственного университета: Серия: Естественные и инженерные науки. – №.2. – 2015. – С. 48-52.

14. **Ульянов А.Д., Лузгин В.В., Горобцов Д.С.** Исследования промышленного объекта с запаздыванием как объекта диагностики на примере САР гидроагрегата Братской ГЭС. Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. - № 1. - 2016. – С. 88-92.

15. **Ульянов А.Д.** Прикладной метод диагностирования линейной стационарной САР скорости двигателя постоянного тока. Труды Братского государственного университета: Серия: Естественные и инженерные науки: в 2 т. – Т.2. – Братск : Изд-во БрГУ, 2017. – С. 51-54

16. **Ульянов А.Д., Лузгин В.В., Колотыгин Д.С.** Экспериментальное исследование тепловых объектов методом частотных характеристик. Труды Братского государственного университета: Серия: Естественные и инженерные науки: в 2 т. – Т.2. – Братск : Изд-во БрГУ, 2017. – С. 54-63.

17. **Ульянов А.Д.** Идентификация динамики линейной стационарной САР скорости двигателя постоянного тока. Труды Братского государственного

университета: Серия: Естественные и инженерные науки: в 2 т. – Т.1. – Братск :  
Изд-во БрГУ, 2018. – С. 43-46.

18. **Ульянов А.Д.** Общая постановка задачи идентификации и  
диагностирования промышленных объектов. Труды Братского  
государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки.  
2019. Т. 2. С. 43-45.

Диссертация «Формирование автоматической системы диагностирования  
колебательных промышленных объектов с запаздыванием» Ульянова Александра  
Дмитриевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление  
технологическими процессами и производствами (по отраслям)».

Заключение принято на заседании кафедры «Управление в технических  
системах» ФГБОУ ВО «Братский государственный университет». Присутствовало  
на заседании 8 человек. Результаты голосования: «за» – 8 человек, «против» – нет,  
«воздержалось» – нет, протокол № 3 от «3» декабря 2019 г.)

*И.В. Игнатьев*

Игнатьев Игорь Владимирович,  
канд. техн. наук, доцент,  
зав. кафедрой «Управление в  
технических системах»



Подлинность подписи  
*И.В. Игнатьева*  
Удостоверяю  
Зав. канцелярией *Т.Н. Пахтусова*  
**Т.Н. Пахтусова**