

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО «БГТУ «ВОЕНМЕХ»

им. Д.Ф. Устинова»



Машурин А.Е.

09 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Балтийский государственный технический
университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» на кандидатскую
диссертацию аспиранта Мажайцева Евгения Александровича

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук
по теме «Модели и алгоритмы управления производственно-
технологическими комплексами приборостроения» выполнена на кафедре И2
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Балтийский государственный технический
университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» (далее – БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова).

В период подготовки диссертации Мажайцев Евгений Александрович
обучался в аспирантуре БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова по
специальности 2.2.11 – «Информационно-измерительные и управляющие
системы».

В 2019 году окончил бакалавриат в БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова(г. Санкт-Петербург), с 2019 по 2021 год проходил обучение
в магистратуре по направлению 09.04.04 «Программная инженерия». С 2022
года работает в федеральном государственном бюджетном образовательном
учреждении высшего образования «Балтийский государственный
технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» на кафедре И2

«Интеллектуальные системы и программная инженерия» в должности старшего преподавателя.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана 14.04.2026 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Н2 «Интеллектуальные системы и программная инженерия» Семенова Елена Георгиевна, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, гражданин Российской Федерации.

По результатам рассмотрения диссертации «Модели и алгоритмы управления производственно-технологическими комплексами приборостроения» принято следующее заключение:

1. Оценка выполненной соискателем работы

Диссертационная работа Мажайцева Евгения Александровича на соискание учёной степени кандидата технических наук соответствует требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам, в том числе требованиям, установленным пунктом 14 Положения о присуждении учёных степеней, что подтверждается ссылками на источники заимствованного материала и списком трудов соискателя, в котором имеются работы, написанные в соавторстве и в единоличном авторстве в рецензируемых печатных изданиях.

Работа выполнена на актуальную тему: импортозамещение и достижение технологического лидерства отнесены к первоочередным задачам национальной экономики, а интеллектуальные системы управления и автоматизации, опирающиеся на нейросетевые и гибридные модели, включены в перечень приоритетных направлений научно-технологического развития страны, утверждённый Указом Президента Российской Федерации от 18 июня 2024 г. № 529. Диссертация содержит решение научной задачи,

закключающейся в разрешении противоречия между требуемой точностью прогнозирования технического состояния производственно-технологических комплексов (далее – ПТК) приборостроения и необходимостью сохранения интерпретируемости прогноза при ограниченном объёме данных эксплуатационного мониторинга, отсутствием количественной меры эффективности интеграции цифровых двойников в информационно-измерительную и управляющую систему (далее – ИИУС), а также отсутствием средств согласования разнородных и конфликтующих оценок состояния, поступающих по измерительным каналам ИИУС, в единое управляющее решение.

Объектом исследования являются процессы диагностики, мониторинга и управления техническим состоянием ПТК приборостроения на стадиях их жизненного цикла; предметом исследования – модели, критерий эффективности, алгоритмы и программно-информационное обеспечение оценивания, прогнозирования и управления техническим состоянием ПТК приборостроения в составе ИИУС.

2. Личное участие соискателя учёной степени в получении результатов, изложенных в диссертации

Личное участие Мажайцева Е.А. в получении результатов, изложенных в диссертации, состоит в самостоятельной разработке всех научных результатов, выносимых на защиту: модели гибридного цифрового двойника компонента ПТК приборостроения; модели формирования уровня годной продукции ПТК приборостроения за межрегулировочный период, положенной в основу критерия эффективности функционирования ИИУС; методики ситуационного мониторинга, прогнозирования и предиктивного обслуживания ПТК на основе алгоритма робастного агрегирования интервальных оценок состояния. Автором лично выполнены аналитические выводы, разработаны алгоритмы и программные модули, проведены вычислительные эксперименты и обработка их результатов, а также

осуществлены апробация и публикация результатов исследования. Диссертационная работа является законченным исследованием, лично выполненным Мажайцевым Е.А.

Первое научное положение полно раскрыто в статьях:

Мажайцев Е.А. Комплексная оценка рисков эксплуатации производственно-технологических комплексов приборостроения //Е.А. Мажайцев // Вестник Самарского государственного университета. Серия «Технические науки». – 2026. № 13(3). С. 62-70; №745 по перечню ВАК от 14.08.2026 (К-2), написанной аспирантом в единоавторстве (личный вклад соискателя страниц 0.76 п.л.)

Мажайцев Е.А., Семенова Е.Г. Внедрение предиктивной аналитики в системы управления производственно-технологическими комплексами при риск-ориентированном подходе. / Е.А. Мажайцев, Е.Г. Семенова // Интеллектуальные системы в производстве. – 2026. Т. 24 №3. С. 12-16; №1442 по перечню ВАК от 14.08.2026 (К-2), написанной аспирантом в соавторстве (личный вклад соискателя 0.3 п.л.)

Мажайцев Е.А., Семенова Е.Г., Балашов В.М. Разработка и верификация цифрового двойника испытательных производственно-технологических комплексов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2026. Т. 32. № 1. С. 25-31. №818 по перечню ВАК от 10.04.2026 (К-2), написанной аспирантом в соавторстве (личный вклад соискателя 0.15 п.л.)

Материалы второго научного положения изложены в публикациях:

Мажайцев Е.А., Дмитриев В.Ф., Семенова Е.Г., Смирнова М.С., Дементьев И.И. Методы обработки первичных данных в задачах прогнозирования технического состояния больших технических систем // Гидроакустика. 2024. № 60 (4). С. 87–93; №1065 по перечню ВАК от 14.08.2026

(К-2), написанной аспирантом в соавторстве (личный вклад соискателя 0.3 п.л.)

Мажайцев Е.А., Семенова Е.Г., Чикрин Д.Е., Русина А.А. Двухкритериальная оптимизация статистического контроля для оценки и повышения эффективности технологического оборудования // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2026. № 2 (124). С. 89–98. №519 по перечню ВАК от 14.08.2026 (К-2), написанной аспирантом в соавторстве (личный вклад соискателя 0.3 п.л.)

Сущность третьего научного положения раскрыта в работе:

Мажайцев Е.А., Семенова Е.Г., Балашов В.М. Оптимальное агрегирование интервальных чисел на основе генетического алгоритма при принятии групповых решений // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2026. Т. 32. № 2. С. 180-186. № 818 по перечню ВАК от 10.04.2026 (К-2), написанной аспирантом в соавторстве (личный вклад соискателя 0.2 п.л.)

Мажайцев Е.А. Мониторинг приборостроительных производств на базе моделей разладки // Гидроакустика. 2026. № 66 (2). С. 77-85. № 1065 по перечню ВАК от 14.08.2026 (К-2), написанной аспирантом в единоавторстве (личный вклад соискателя 0,58 п.л.)

3. Степень достоверности результатов исследований, проведённых соискателем учёной степени

Обоснованность полученных научных результатов подтверждается системностью подхода к исследованию вопросов диагностики, мониторинга и управления техническим состоянием ПТК приборостроения, корректностью выбора исходных данных, введения допущений и ограничений при разработке научно-методического аппарата, корректным применением методов теории нейронных сетей, статистического управления процессами, робастного агрегирования интервальных оценок, теории принятия решений в условиях

неопределённости, генетических алгоритмов и математического моделирования.

Достоверность полученных научных результатов и выводов обеспечивается отсутствием противоречий между полученными результатами и известными положениями теории цифровых двойников и теории диагностики технических систем, результатами имитационного и вычислительного моделирования, а также вычислительным экспериментом, выполненным на данных ресурсных испытаний подшипниковых узлов, синтезированных по физически обоснованной модели усталостной деградации. Помимо имитационного моделирования, все три научных результата дополнительно проверены на реальных данных действующей линии поверхностного монтажа печатных узлов, а первый результат – также на реальных данных износа режущего инструмента. Такой выбор объектов эмпирической проверки обеспечивает не только верификацию математического аппарата на примере подшипникового узла, но и количественное подтверждение переносимости разработанного аппарата на объект с принципиально иным механизмом отказа.

Результаты подтверждены апробацией на Всероссийской молодёжной научной конференции «Информационные технологии в высокотехнологичных производствах (ВТП)» (Санкт-Петербург, 2025, 2026 гг.), конференции Молодёжного научно-инженерного центра (Санкт-Петербург, 2025, 2026 гг.), XVII Международной молодёжной научно-технической конференции «Молодёжь. Техника. Космос.» (Санкт-Петербург, 2025), научно-технической конференции «Будущее предприятия – в творчестве молодых» (Санкт-Петербург, 2025, 2026), Международной научной конференции «Развитие науки и образования в условиях глобализации и цифровой трансформации» (Бишкек, Киргизская Республика, 2025), XLIV Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации» (Пенза, 2021), а также внедрением

результатов в ЗАО «Институт телекоммуникаций», АО «Концерн «Океанприбор», АО «Центр технологии судостроения и судоремонта», использованием в научно-исследовательской работе ПАО «Интелтех» и в учебном процессе БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова по дисциплинам «Цифровые двойники в технических системах» и «Основы искусственного интеллекта».

4. Научная новизна и практическая значимость новых научных результатов

Научная новизна научных положений, представленных в диссертационной работе, состоит в том, что:

- разработана модель гибридного цифрового двойника компонентов ПТК, построенная на принципе нейросетевой коррекции физической модели исправного состояния оборудования. Суть в том, что в отличие от гибридных схем, ориентированных преимущественно на повышение точности прогноза, в предложенной модели параметры физической составляющей разделены на конструктивные, режимные и деградационные, а нейросетевая часть прогнозирует физически ограниченную невязку, используемую как диагностический индикатор;

- разработан критерий согласования физической и нейросетевой частей цифрового двойника, заданный двухкомпонентной функцией потерь, в которой штрафная составляющая ограничивает диапазон нейросетевой коррекции величиной, согласованной со среднеквадратическим отклонением контролируемого параметра;

- разработана модель формирования уровня годной продукции ПТК приборостроения за межрегулировочный период, связывающая уровень годной продукции с характеристиками плана контроля, надёжностью оборудования и механизмом статистического управления состоянием ПТК;

- разработана методика ситуационного мониторинга, прогнозирования и предиктивного обслуживания ПТК, в основе которой лежит алгоритм

робастного агрегирования интервальных оценок с двухуровневой постановкой задачи. Методика обеспечивает согласование интервальной информации и её использование в контуре ИИУС для классификации ситуаций и формирования управляющего действия.

Практическая значимость диссертации заключается в:

- повышении точности и физической интерпретируемости прогнозирования состояния оборудования: на реальных данных действующей линии поверхностного монтажа печатных узлов гибридная модель снижает ошибку прогноза на 11,9 %, а на реальных данных износа режущего инструмента – на 15,6 % относительно физической модели;
- снижении среднего уровня брака продукции: на реальных данных действующей производственной линии предложенный план обеспечивает снижение на 36,1 % относительно карт Шухарта и на 22,9 % относительно карты кумулятивных сумм CUSUM;
- повышении надёжности агрегирования разнородных оценок технического состояния. Предложенный двухэтапный метод обеспечивает точность классификации 98,4 % при нулевой доле пропущенных опасных состояний против 15,7–34,3 % у альтернативных методов;
- создании зарегистрированных в установленном порядке программных модулей обработки аналоговых сигналов для цифровых двойников ПТК и оптимального агрегирования интервальных экспертных оценок при принятии групповых решений о техническом состоянии оборудования;
- алгоритмическом обеспечении ИИУС ПТК приборостроения, доведённом до программной реализации: алгоритмы расчёта плана контроля по критерию, квазиоптимального выбора плана при интервально заданных параметрах и робастного агрегирования интервальных оценок состояния допускают прямое встраивание в расчётный контур ИИУС.

5. Ценность научных работ соискателя учёной степени

Ценность научных работ соискателя заключается в том, что раскрываемые в них научные положения позволяют обосновать модели, критерии и методики оценивания, прогнозирования и управления техническим состоянием ПТК приборостроения, развивают научно-методический аппарат построения цифровых двойников и робастного агрегирования интервальных оценок, что в совокупности позволяет довести до практической реализации и внедрения инструменты повышения эффективности функционирования ИИУС ПТК приборостроения.

Ценность научных работ соискателя подтверждается публикацией 18 работ по теме диссертации, из них 7 – в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК Минобрнауки России, в том числе 2 без соавторов, а также получением 2 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

6. Научная специальность, которой соответствует диссертация

Тема и содержание диссертации соответствуют научной специальности 2.2.11 – «Информационно-измерительные и управляющие системы», пунктам 1, 3 и 6 паспорта специальности (1 – научное обоснование перспективных информационно-измерительных и управляющих систем, систем их контроля, испытаний и метрологического обеспечения, повышение эффективности существующих систем; 3 – математическое, алгоритмическое, информационное, программное и аппаратное обеспечение информационно-измерительных и управляющих систем; 6 – методы анализа, диагностики, идентификации и управления техническим состоянием информационно-измерительных и управляющих систем, в том числе с использованием технологий искусственного интеллекта) и отрасли – технические науки.

Диссертация соискателя Мажайцева Евгения Александровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических

наук по специальности 2.2.11 «Информационно-измерительные и управляющие системы» (технические науки).

7. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем учёной степени

В научных трудах соискателя достаточно полно отражены основные научные результаты диссертации, выносимые на защиту, о чём свидетельствуют опубликованные 18 работ, из которых: 7 работ в научных рецензируемых журналах, включённых в перечень ВАК Минобрнауки России (из них 2 написаны в единоличном авторстве), 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Каждое из трёх научных положений, выносимых на защиту, раскрыто не менее чем в двух публикациях, что обеспечивает полноту изложения материалов диссертации.

8. Соответствие диссертации требованиям, установленным пунктом 14 Положения о порядке присуждения учёных степеней

В представленной диссертации соискателя Мажайцева Е.А. имеются ссылки на источники заимствованного материала, который подвергался анализу, а также был использован в качестве исходных данных для получения новых научных результатов.

В списке трудов соискателя имеются работы, написанные в соавторстве. В диссертации ссылки на указанные работы оформлены в соответствии с требованиями.

Значимость трудов соискателя, написанных им единолично и в соавторстве, подтверждается их публикацией в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, размещением в системе РИНЦ, на сайтах издательств, а также в печатных и электронных изданиях.

Выводы

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по теме «Модели и алгоритмы управления производственно-

технологическими комплексами приборостроения» Мажайцева Евгения Александровича является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям пунктами 9, 10, 11, 13 и 14 Положения о присуждении учёных степеней.

Диссертация соискателя Мажайцева Евгения Александровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11 «Информационно-измерительные и управляющие системы» (технические науки).

Заключение принято на расширенном заседании кафедры Н2 «Программная инженерия и интеллектуальные системы».

Присутствовали на заседании 34 человека.

Результаты голосования:

«за» – 34,

«против» – нет,

«воздержалось» – нет.

протокол № 2-13(26) от «14» сентября 2026 г.

Заместитель заведующего кафедрой Н2

«Программная инженерия и интеллектуальные системы»

к.т.н., доц.

И.К. Ракова

Ученый секретарь кафедры Н2

«Программная инженерия и интеллектуальные системы»

Д.В. Зими́на