

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.417.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТУЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНОБРНАУКИ РОССИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК**

Аттестационное дело № _____
Решение диссертационного совета от 24.12.2024г. № 16

О присуждении **Шевниной Юлии Сергеевны**, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Информационно-измерительные и управляющие системы производственными процессами для микро- и нанoeлектроники» по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы принята к защите 17 сентября 2024 г. (протокол заседания №8) диссертационным советом 24.2.417.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет» Минобрнауки России (300012, г. Тула, пр. Ленина, д. 92); приказ о создании диссертационного совета №384/нк от 29 июля 2013 года.

Соискатель Шевнина Юлия Сергеевна, 1 марта 1983 года рождения.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Формирование интерфейсов пользователей для доступа к объединенным корпоративным информационным ресурсам» защитила в 2007 году в диссертационном совете, созданном на базе ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» Минобрнауки России. Работает доцентом Института системной и программной инженерии и информационных технологий ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», г. Москва, г. Зеленоград.

Диссертация выполнена в Институте системной и программной инженерии и информационных технологий ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», г. Москва, г. Зеленоград.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор **ГАГАРИНА Лариса Геннадьевна**, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», Институт системной и программной инженерии и информационных технологий, г. Москва, Зеленоград, директор.

Официальные оппоненты:

КАРПЕНКО Анатолий Павлович, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», кафедра САПР, заведующий кафедрой;

СИНИЦИН Владимир Игоревич, доктор физико-математических наук, ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (г. Москва), главный научный сотрудник;

РОМАШКОВА Оксана Николаевна, доктор технических наук, профессор, Институт экономики, математики и информационных технологий ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации» (г. Москва), кафедра системного анализа и информатики, профессор

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет» в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой математического анализа, д.ф.-м.н., профессором Расуловым К.М. и утвержденном ректором к.ист.н, доцентом Артеменковым М.Н., указала, что диссертация Шевниной Ю.С. является законченной научно-исследовательской работой, посвященной решению актуальной проблемы. Материалы диссертации служат хорошей научной базой для инженеров, технологов и других специалистов, занятых в области информационно-измерительных и управляющих систем (ИИУС). Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается соответствием теоретических и практических результатов работы: все выводы имеют строгое теоретическое обоснование. Постановка задач диссертации, а также пути их решения в приложении к конкретным объектам свидетельствует о самостоятельном подходе автора к существующей проблеме. Разработанный набор моделей, методов и алгоритмов пригоден к использованию для различных систем, имеющих нелинейный характер.

Научный уровень представленной диссертации и результаты внедрения позволяют сделать вывод, что автор является зрелым научным работником, способным самостоятельно вести научные исследования в области информационно-измерительных и управляющих систем, но и руководить таковыми, определяя первоочередные направления научных изысканий. В целом диссертация Шевниной Ю.С. отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Соискатель имеет 79 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 36 работ, 4 монографии, получено 16 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ, общим объемом 62 п.л., авторский вклад 55 листов.

Краткая характеристика работ. В опубликованных работах предложены теоретические положения, направленные на повышение управляемости ИИУС для микро- и наноэлектроники за счет высокой точности оценки состояния ИИУС и прогноза ее поведения на основе формального аппарата нелинейной динамики. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые работы:

1. Шевнина Ю.С. Моделирование состояния технологического оборудования в составе информационно-управляющей системы // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2024. №1. С. 29-35. (Перечень ВАК)

2. Шевнина Ю.С. Автоматический поиск решения в информационно-управляющей системе для контроля состояния производственной среды // Интеллектуальные системы в производстве. 2024. Т. 22. № 2. С. 41-47. (Перечень ВАК)

3. Шевнина Ю.С. Управление системой контроля поверхностных дефектов изделий микроэлектроники // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2024. Т. 30. №2. С. 234-246. (Перечень ВАК)

4. Шевнина Ю.С., Гагарина Л.Г. Подходы к оценке управляемости сложной информационной системы // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2024. № 3. С. 33-38. (Перечень ВАК)

5. Shevnina, Yu.S., Sokolova, N.Yu., Kyaw Zaw Ye. Organization of Remote Interaction Between Lecturer and Student During Completion of Study Assignment// Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus pp. 2076-2080. (Scopus)

6. Shevnina, Ju.S., Gagarina, L.G., Chirkow, A.V. Information accompaniment of the educational process of realization in the sustainable development interests at the University // E3S Web of Conferences, 2021. Т. 295. pp. 13. (Scopus)

На диссертацию и автореферат поступило 11 отзывов. Все отзывы положительные, в них отмечается актуальность, научная новизна, практическая значимость работы. Отзывы поступили из следующих организаций:

1. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, с замечаниями:

К недостаткам автореферата следует отнести концептуальность изложения принципов прогнозирования изменения состояния ИИУС производственными процессами для микро- и наноэлектроники. Указанное замечание не является определяющим и не изменяет общей положительной оценки работы.

2. АО НПЦ «ЭЛВИС», г. Москва, г. Зеленоград, с замечаниями:

Из автореферата недостаточно ясно, как обеспечивается связь между элементами смарт-компонента и существующими на предприятии автоматизированными системами.

3. ФИЦ ИУ РАН, г. Москва, с замечаниями:

Из автореферата недостаточно понятны границы применимости алгоритма анализа и прогнозирования поведения ИИУС, однако, указанный недостаток не снижает значимости и ценности диссертационной работы.

4. Института программных систем имени А.К. Айламазяна РАН, г. Переславль-Залесский, с замечаниями:

К недостаткам автореферата диссертационной работы следует отнести отсутствие теоретического обоснования предложенного алгоритма управления устойчивостью ИИУС. Данный недостаток несколько не снижает общее положительное впечатление от автореферата и полученных результатов диссертационной работы.

5. ФГБУН Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского отделения РАН (ИММ УрО РАН), г. Екатеринбург, с замечаниями:

Из автореферата не понятны особенности внедрения на производственные предприятия полученных программных реализаций разработанных методов и алгоритмов. Однако, данный недостаток не снижает значимости и актуальности диссертационной работы.

6. АО «НИИМЭ», г. Москва, г. Зеленоград, с замечаниями:

К недостаткам автореферата следует отнести отсутствие обоснование выбора инструментальных средств для программной реализации разработанных моделей и алгоритмов, что не снижает положительного впечатления от работы.

7. АО «Особое конструкторское бюро Московского энергетического института», г. Москва, с замечаниями:

Отмечая положительный характер диссертационного исследования, хотелось бы в качестве замечания указать на недостаточность освещения автором в автореферате описания процесса программной реализации разработанных моделей и алгоритмов.

8. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, с замечаниями:

1. На стр. 5 автореферата в пункте 4 и на стр. 6 в пункте 3 указано: «... с целью достижения состояния устойчивого». Точнее было бы сказать: ... с целью достижения устойчивого состояния.

2. На стр. 7 указывается: «Исследования доведены до конкретной методики, обеспечивающей повышение эффективности разработки и исследования характеристических свойств ИИУС в 2 раза ...». Желательно указать, по каким критериям оценивалось повышение эффективности разработки.

3. В автореферате недостаточно освещены вопросы планирования экспериментов.

9. АО «НПП «Пульсар», г. Москва, с замечаниями:

Отмечая положительные стороны диссертационной работы Шевниной Ю.С., следует указать также на некоторую фрагментарность изложения четвертой главы (нет сравнительной оценки различных подходов к проектированию интерфейсов ИИУС).

10. АО «НИИМЭ», г. Москва, г. Зеленоград, с замечаниями:

В обзорной части не учтена работа М.Гривса по цифровым двойникам (Grieves, Michael. (2016). *Origins of the Digital Twin Concept. // Part III in book Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems (Excerpt)* 10.13140/RG.2.2.26367.61609). Ввиду отсутствия анализа указанной концепции и ее сравнения с классической тематикой SCADA-АСУТП, возникли нечеткость понимания объекта исследования и разрыв теории уровня производственного процесса (приведены преимущества концепции) и практики уровня технологической операции (использован нанолитограф). Учитывая, что ИИУС является программно-аппаратным комплексом и, как и сама процедура измерения, является частью технологической операции, а также упомянутые выше труды по общей теории технологий и цифровым двойникам, можно считать ИИУС выражением цифрового двойника всего производства.

Автор делает акцент на детерминированном хаосе, но не приводит пример для конкретной ИИУС, также отсутствуют графики, переменные и параметры этого явления.

Неясна методика получения точности оценки состояния (стр.32 автореферата): какие именно три ИИУС исследовались, чем объясняется рост точности прогноза при увеличении числа итераций.

Следует отметить ряд менее существенных замечаний. В обзорной части излишне много приводятся элементарные факты из НД. Для анализа и обработки данных о внешних факторах в смарт-компоненте не обоснован выбор метода машинного обучения, результатом которого являются закономерности и классификаторы состояний ИИУС. При управлении работой вакуумной и оптической установки с использованием смарт-компонента не указан временной диапазон для анализа отключений нанолитографа при выходе параметров из заданного диапазона, а также не объясняется, почему в двух случаях вместо автоматической корректировки параметров произошло отключение нанолитографа. Рисунок «1. Производственный процесс в микроэлектронике...», который содержит этапы от изготовления печатных плат до испытаний, относится к радиоэлектронной аппаратуре, а не к микро- и наноэлектронике.

11. Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный

университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, с замечаниями:

1. В автореферате диссертационной работы приведен алгоритм управления устойчивостью информационно-измерительной управляющей системой (рис.4), но в алгоритме отсутствуют какие-либо обратные связи, тогда как управление устойчивостью – итерационный процесс.

2. В работе не приведены существующие решения, с которыми осуществлялось сравнение полученных результатов, что не позволяет в полной мере оценить практические возможности алгоритмов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их достижениями и компетентностью в данной отрасли науки, наличием публикаций по выполненным исследованиям, близким к тематике соискателя, и, таким образом, способностью определить научную и практическую ценность диссертации, а также отсутствием совместных печатных работ и публикаций. Согласие на оппонирование диссертации от ведущей организации и оппонентов имеется.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Предложены теоретические подходы к новым принципам построения ИИУС на основе разработанного иерархического построения компонентов системы в качестве объектов управления с заданными граничными условиями, связями между ними и управляющими воздействиями.

2. Предложена обобщенная математическая модель ИИУС, с применением формального аппарата теории хаоса, рассматривающая процесс управления в терминах объектно-ориентированной парадигмы, применение которой обеспечивает определение динамического поведения системы в любой момент времени, то есть позволяет избежать необратимой ситуации.

3. Разработан и исследован новый алгоритм управления устойчивостью ИИУС путем генерирования элементов детерминированного хаоса в случае предполагаемых отклонений от стационарного состояния, определяемых на основе предварительного анализа текущего состояния системы, чем достигается повышение управляемости ИИУС.

4. Разработана и исследована математическая модель определения граничных состояний ИИУС с учетом динамики изменения общего состояния системы при внешнем управляющем воздействии, позволяющая осуществлять оценку управляемости и наблюдаемости как всей системы, так и ее компонентов. Предложенная модель определяет пространство вероятных состояний системы, что практически позволяет избежать катастрофических ситуаций.

5. Предложен алгоритм прогнозирования состояния ИИУС, в основе которого лежит анализ текущих параметров ИИУС с учетом связей между ними с пороговыми значениями из базы данных мониторинга наблюдаемого или референтного процесса.

6. Разработан алгоритм принятия решения в условиях неопределенности внешней среды, внутренних характеристик и целей ИИУС. Наличие такого алгоритма обеспечивает формирование и повышение оперативности корректировки управляющего воздействия за счет сокращения вероятностного пространства альтернатив, критерия принятия решения и условия достижения цели ИИУС.

7. Разработана методика построения ИИУС на основе предложенных теоретических подходов, разработанных математических моделей и алгоритмов, которая в отличие от существующих позволяет повысить эффективность разработки конкретной

ИИУС. Методика предусматривает учет таких факторов, как назначение, цели ИИУС, ограничения и нелинейности внешней среды и внутреннего контура системы.

8. Результаты экспериментальных исследований и верификации предложенных принципов построения ИИУС практически подтвердили адекватность разработанных математических моделей, алгоритмов и методики для их программной реализации в виде смарт-компонента, включаемого в состав конкретной ИИУС любой предметной области.

Научная новизна включает новые научные результаты, полученные в работе, и заключается в следующем:

1. Разработана новая обобщенная математическая модель ИИУС на основе формального аппарата теории хаоса в приложении к состоянию процесса управления в терминах объектно-ориентированной парадигмы, которая отличается тем, что позволяет определять динамику поведения системы в любой момент времени с учетом иерархического построения компонентов системы как объектов управления с заданными граничными условиями, определением связей между ними и управляющих воздействий.

2. Разработан алгоритм управления устойчивостью ИИУС с предварительным анализом характеристик системы для инициации детерминированного хаоса с целью достижения состояния устойчивого, значительно повышающего управляемость системы.

3. Разработана математическая модель граничных состояний ИИУС, условий их наступления и динамики изменения состояния системы при внешнем управляющем воздействии, позволяющая оценить управляемость и наблюдаемость ИИУС как в целом, так и покомпонентно.

4. Предложен алгоритм анализа и прогнозирования изменения состояния ИИУС, отличающийся наличием условий формирования и корректировки управляющего воздействия, предусматривающий сопоставление текущих характеристик ИИУС с накопленными ранее характеристиками наблюдаемого или референтного процесса.

5. Разработан алгоритм принятия решения в условиях неопределенности внешней среды с учетом внутренних характеристик и целей ИИУС, который позволяет уменьшить количество альтернатив, снизить неопределенность и значительно повысить управляемость ИИУС.

6. На основе предложенных моделей и алгоритмов разработана методика построения ИИУС, отличающаяся учетом специфики конкретной ИИУС, а именно назначения, ограничений и нелинейности, что позволяет значительно упростить исследования характеристических свойств ИИУС. Разработанная методика предусматривает использование в составе ИИУС нового технического решения с применением методов нелинейной динамики для повышения управляемости системы, визуализации характеристик, оценки состояния и прогноза его динамики.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что разработанные теоретические положения, направленные на повышение управляемости ИИУС для микро- и наноэлектроники за счет высокой точности оценки состояния ИИУС и прогноза ее поведения на основе формального аппарата нелинейной динамики, вносят существенный вклад в развитие научно-технических основ построения новых и совершенствования существующих ИИУС производственными процессами. Внедрение результатов диссертации в практику позволяют повысить эффективность управления производством микро- и наноэлектронных компонентов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики

подтверждается тем, что предложенные в диссертационной работе теоретические положения, направленные на повышение управляемости ИИУС производственными процессами для микро- и нанoeлектроники:

- использованы в НИР, проекте «Приоритет 2030»;
- реализованы в виде программ: получено 16 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Результаты диссертационной работы внедрены в рабочий процесс АО «Микрон», ООО «НМ-Тех», ООО «Дейтон», ООО «ИММЕРС», ООО «ЭВМКомплект», ООО «Просенсор Сервис», НОЧУ ВО МУППИ, НИУ МИЭТ, что подтверждается соответствующими актами, а также в учебный процесс НОЧУ ВО МУППИ и рекомендуется использовать для создания информационно-измерительных и управляющих систем с высокой устойчивостью и управляемостью для различных предметных областей.

Оценка достоверности результатов исследований выявила, что:

- результаты получены с использованием современных методов моделирования, применяемых в научных исследованиях;
- теория построена на известных, проверяемых данных, согласуется с опубликованными сведениями по теме диссертации;
- в процессе верификации разработанных теоретических основ доказано повышение эффективности управления автоматизированными производственными процессами в соответствии с теоретической оценкой.

Личный вклад соискателя состоит в планировании, организации и проведении всех представленных в диссертации исследований; в разработке теоретических положений повышения управляемости ИИУС; в проведении экспериментальной оценке предлагаемых решений; в практической реализации и внедрении полученных результатов (акты внедрения представлены в диссертации). В работах в соавторстве автору принадлежит не менее 90% результатов.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы и критериям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней».

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания. Соискатель Шевнина Ю.С. ответила на задаваемые ей вопросы и привела собственную аргументацию.

На заседании 24 декабря 2024 года диссертационный совет принял решение:

за изложение новых научно обоснованных теоретических положений, направленных на повышение управляемости ИИУС для микро- и нанoeлектроники за счет высокой точности оценки состояния ИИУС и прогноза ее поведения на основе формального аппарата нелинейной динамики присудить Шевниной Юлии Сергеевне ученую степень доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

**Председатель
диссертационного совета**

**Ученый секретарь
диссертационного совета**

24 декабря 2024 г.



**Минаков
Евгений Иванович**

**Маслова
Анна Александровна**