

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Шевниной Юлии Сергеевны
«Информационно-измерительные и управляющие системы
производственными процессами для микро- и наноэлектроники»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 2.2.11 Информационно-измерительные и
управляющие системы

В настоящее время в микроэлектронике существует тенденция к снижению линейных размеров производимых изделий, в результате чего особое внимание при управлении производством уделяется нелинейным факторам: состоянию производственной среды, исполнительных механизмов и оборудования, персонала. Тема диссертационной работы является актуальной.

Диссертационная работа изложена грамотно и логически структурировано. Все полученные результаты обоснованы и подробно описаны в тексте диссертации. Их достоверность и значимость подтверждается опубликованными в рецензируемых изданиях научными статьями и актами внедрения. Результаты диссертационного исследования доложены на 30 международных и всероссийских научно-практических конференциях.

В процессе работы над диссертацией Шевнина Ю.С. верно и обосновано использовала методы объектно-ориентированного анализа и проектирования, системного анализа, теории автоматического управления, нелинейной динамики, теории хаоса и теории фракталов. Для оценки точности полученных результатов Шевниной Ю.С. использовались методы информационного поиска, имитационного моделирования, методы теоретического исследования и постановки эксперимента.

Особое внимание заслуживает разработанная автором диссертации методика построения информационно-измерительных и управляющих систем (ИИУС) на основе предлагаемых моделей и алгоритмов для конкретной ИИУС производственным процессом для микро- и наноэлектроники. Наличие подобной методики, объединяющей все полученные результаты и описывающей правила их использования, подтверждает законченность диссертационного исследования и его готовность к практическому использованию. Применение методики построения ИИУС позволяет учесть специфику конкретной ИИУС: назначение, ограничения, нелинейность; и, кроме этого, на 50% эффективнее разрабатывать и исследовать информационно-измерительные и управляющие

системы производственными процессами для микро- и нанoeлектроники различной сложности по сравнению с существующими методами.

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.

Считаю, что представленная Шевниной Юлией Сергеевной диссертационная работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Ведущий научный сотрудник Отдела некорректных задач анализа и приложений ИММ УрО РАН,

д.ф.-м.н., профессор

Елена Николаевна Акимова

11.11.2024

Подпись заверяю
Ученый секретарь
ИММ УрО РАН



Я, Акимова Елена Николаевна, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Контактные данные:

Тел.: +79122491205 e-mail: aen15@yandex.ru

Сведения об организации:

ФГБУН Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук (ИММ УрО РАН)

620108, Россия, г. Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, д. 16

тел. +7 (343) 374-83-32 тел./факс +7(343) 374-25-81 <https://www.imm.uran.ru>

Акционерное
общество
«Особое конструкторское бюро
Московского энергетического института»



Красноказарменная ул., д. 14, Москва, 111250
тел.: + 7 495 274-04-61, факс: + 7 495 362-55-76
e-mail: secretary@okbmei.ru, http://www.okbmei.ru

19.11.2024 № 04-06/11569

На № _____ от _____

Ученому секретарю
диссертационного совета
24.2.417.03 на базе ФГБОУ ВО
«Тульский государственный
университет»

Масловой А.А.

Ленина пр., д. 92, Тула, 300012

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Шевниной Юлии Сергеевны на тему
«Информационно-измерительные и управляющие системы
производственными процессами для микро- и наноэлектроники»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 2.2.11 – «Информационно-измерительные
и управляющие системы»**

Необходимость повышения эффективности управления производственными процессами в микроэлектронике обусловлена требованиями научно-технического прогресса и повсеместного использования информационных технологий, повлекшего за собой многократное увеличение объема перерабатываемой в процессе работы информации. Следовательно, актуальность выбранной соискательницей тематики бесспорна. Тем более, что цель представленной на рецензирование диссертационной работы предусматривает создание теоретических положений, направленных на повышение управляемости информационно-измерительных и управляющих систем (ИИУС) производственными процессами для микро- и наноэлектроники, позволяющих учитывать нелинейные факторы процессов, обеспечивать их адаптивность к изменению производственных параметров и устойчивость в состоянии хаоса. В связи с чем в диссертационной работе решаются задачи:

- аналитического обзора существующих методов, моделей и средств обработки информации в современных ИИУС;
- разработки теоретических подходов к техническим решениям построения ИИУС;

- разработки обобщенной математической модели ИИУС на основе формального аппарата теории хаоса в приложении к состоянию процесса управления в терминах объектно-ориентированной парадигмы;
- разработки алгоритма управления устойчивостью ИИУС на основе анализа характеристик системы для инициации детерминированного хаоса с целью достижения состояния устойчивого;
- разработки математического описания граничных состояний ИИУС, условий их наступления и динамики изменения состояния системы при внешнем управляющем воздействии;
- разработки алгоритма анализа и прогнозирования изменения состояния ИИУС, обеспечивающего условия формирования и корректировки управляющего воздействия;
- разработки алгоритма принятия решения при условиях неопределенности внешней среды с учетом внутренних характеристик и целей ИИУС;
- разработки методики построения ИИУС на основе разработанных моделей и алгоритмов;
- разработки технического решения на основе предложенных моделей, алгоритмов и методики в виде смарт-компонента, входящего в состав ИИУС;
- экспериментальных исследований, верификации и оценки эффективности полученных результатов.

Нелишне будет еще раз подчеркнуть практическую ценность и достоверность результатов представленной диссертационной работы, подтвержденных экспериментальными исследованиями, внедрением на производственные предприятия, публикациями и зарегистрированными объектами интеллектуальной собственности. Теоретические и практические достижения автора диссертации обсуждались на всероссийских и международных научно-практических конференциях и знакомы широкой научной общественности. Исследование во многом основано на трудах ведущих ученых и инженеров: Л.И. Мандельштама, Н.Н. Боголюбова, А.Н. Колмогорова, В.Н. Рубановского, В.И. Арнольда, Ю.С. Ильяшенко, С.П. Капицы, А.М. Ляпунова.

Новизна работы состоит в совокупности научно обоснованных теоретических и технических разработок, направленных на повышение управляемости информационно-измерительных и управляющих систем производственными процессами для микро- и наноэлектроники за счет высокой точности оценки состояния ИИУС и прогноза ее поведения на основе методов нелинейной динамики. Отдельно следует отметить грамотность, системность и логичность описания обобщенной математической модели ИИУС, что говорит о высоком владении автором теоретических и практических методов исследований. Разработанная математическая модель ИИУС и ее свойства подтверждают сделанные ранее автором

допущения о иерархическом соподчинении в ИИУС, о связях между отдельными компонентами и их взаимозаменяемости, а также утверждение о том, что состояние ИИУС определяется состоянием значимых компонентов.

В целом автор производит впечатление грамотного, вдумчивого и зрелого научного работника – системный подход к проведению научных исследований, корректность математических выкладок, логичность и информативность выводов, а также обилие эмпирических данных, представленных в виде таблиц и графиков и демонстрирующих хорошую сходимость с теоретическими – подтверждают это.

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.

Считаю, что рассматриваемая диссертационная работа Шевниной Ю.С. соответствует предъявляемым к докторским диссертациям требованиям ВАК, а ее автор достоин присвоения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Отзыв составил доктор технических наук, профессор Жуков Александр Олегович, заместитель генерального директора по научной деятельности Акционерного общества «Особое конструкторское бюро Московского энергетического института». 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14, тел.: + 7 (495) 274-04-61, e-mail: secretary@okbmei.ru.

Заместитель генерального директора
по научной деятельности
доктор технических наук, профессор
«19» 11 2024 г.




А.О. Жуков

Ученый секретарь НТС
кандидат технических наук
«19» 11 2024 г.


Ю.А. Давидович

**Отзыв на автореферат диссертации Шевниной Юлии Сергеевны на тему
«ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ
ДЛЯ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ»**

Устойчивая тенденция к увеличению точности и стабильности выполнения производственных технологических операций, сокращению времени выполнения производственного процесса и увеличению его производительности требует использование современных программно-аппаратных решений, одним из которых является информационно-измерительная и управляющая система (ИИУС), включающая характерные для Индустрии 4.0 элементы: анализ больших данных, искусственный интеллект, системную интеграцию, облачные вычисления и др. Именно поэтому, как следует из автореферата, актуальность представленной диссертации не вызывает сомнений, а научная новизна результатов работы обусловлена постановкой цели и решаемых задач.

Судя по представленному материалу, Шевнина Ю.С. профессионально владеет математическим аппаратом теории хаоса и теории фракталов, умело сочетая их с положениями объектно-ориентированной парадигмы, теории систем и автоматического управления. Благодаря своей научной эрудиции автор диссертационной работы приводит сложные математические выкладки и выражения к виду, пригодному для практического инженерного применения. Предложенная математическая модель граничных состояний ИИУС, условий их наступления и динамики изменения состояния системы при внешнем управляющем воздействии позволяет получить вероятностное пространство возможных состояний ИИУС, что в дальнейшем позволяет сократить множество возможных альтернатив при принятии решения и, как следствие, повысить управляемость ИИУС.

Отдельного внимания заслуживает алгоритм принятия решения в условиях неопределенности внешней среды с учетом внутренних характеристик и целей автоматизированного процесса. Данный алгоритм позволяет снизить неопределенность за счет сокращения количества возможных альтернатив на основе полученных автором условия завершения процесса и критерия принятия решения. Как следует из автореферата, благодаря использованию разработанного нового алгоритма наблюдается повышение управляемости ИИУС производственными процессами для микро- и нанoeлектроники более чем в 3 раза.

Следует положительно отметить системный подход автора не только к описанию теоретических положений и проведению практических исследований, но и к написанию автореферата диссертации: присутствует структурность, последовательность и логика изложения, четкость, информативность и обоснованность выводов.

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.

Таким образом, рецензируемый автореферат и анализ полученных научных положений позволяет утверждать, что диссертация отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а Шевнина Ю.С. достойна присвоения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Руководитель исследовательского центра
мультимикросистем,
главный научный сотрудник,
член-корреспондент РАН, д.ф.-м.н.

Абрамов С. М.

Институт программных систем имени А.К. Айламазяна Российской академии наук
(ИПС им. А.К. Айламазяна РАН)
152021, Ярославская область, Переславский район, с. Веськово, ул. Петра Первого,
д.4 «а». Тел.: (4852) 695-228. E-mail: psi@botik.ru

Подпись Абрамова Сергея Михайловича удостоверяю

*Нагорных Елена кадров
ИПС им А.К. Айламазяна РАН
Абрамов С.М.*



Отзывна автореферат диссертации
Шевниной Юлии Сергеевны по теме

**«Информационно-измерительные и управляющие системы
производственными процессами для микро- и нанoeлектроники»**,
представленной на соискание ученой степени
доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-
измерительные и управляющие системы

Управление производственными процессами в микро- и нанoeлектронике с использованием информационно-измерительных и управляющих систем (ИИУС), состоящих из сотен взаимодействующих друг с другом элементов и устройств, характерных для Индустрии 4.0, является актуальной и своевременной задачей. Выбранная диссертантом тематика еще актуальна и потому, что с усложнением технологии изготовления изделий микро- и нанoeлектроники и уменьшении их размера вопросы контроля и диагностики ИИУС составляют в настоящее время большую значимость и требуют проведения дополнительных научных исследований.

Для достижения поставленной цели диссертационной работы – создание теоретических положений для повышения управляемости ИИУС производственными процессами для микро- и нанoeлектроники, позволяющих учитывать нелинейные факторы автоматизированных процессов, обеспечивать их адаптивность к изменению производственных параметров и устойчивость в состоянии хаоса, - соискатель определила основные задачи диссертации в приложении к объектам исследования, что свидетельствует о системном и грамотном подходе к решению обозначенной проблемы.

Следует отметить высокий уровень теоретических исследований диссертационной работы – перечисленные в автореферате модели, алгоритмы и методика, разработанные на основе формализации таких задач, как:

- концептуальная модель ИИУС, позволяющая получить иерархическую структуру компонентов с выделением основных, управляющих, обеспечивающих и развивающих;
- математическое моделирование состояния и изменения состояния ИИУС;
- управление устойчивостью ИИУС производственными процессами;
- принятие решения в условиях неопределенности внешней среды с учетом внутренних характеристик и целей ИИУС.

Полученные в работе результаты полностью подтверждены экспериментами и внедрениями на производственные предприятия, что свидетельствует о практической значимости работы.

Полагаю, что научная новизна результатов диссертационной работы очевидна, поскольку техническая реализация ИИУС явилась воплощением новаторских идей и принципов создания сложных программно-аппаратных систем. Насколько можно судить по биографии автореферата, проблемы эти известны широкой научной общественности и нашли свое отражение в публикации диссертанта.

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.

Содержание автореферата позволяет утверждать, что диссертация выполнена на требуемом научном уровне, является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения построения ИИУС, отличается научной новизной и практической ценностью и соответствует паспорту научной специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы, а также требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям. Считаю, что Шевнина Юлия Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры
экономики и менеджмента в
промышленности Федерального
государственного автономного
образовательного учреждения
высшего образования «На-
циональный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»
115409, г. Москва, Каширское
ш.,31, Тел. (495)788-56-99, доб.9330
E-mail: aiguseva@mephi.ru

Гусева Анна Ивановна

Подпись удостоверяю
Заместитель начальника отдела
документационного обеспечения
НИЯУ МИФИ

В.М. Сашуродов



Отзыв

**на автореферат диссертации Шевниной Юлии Сергеевны
на тему «Информационно-измерительные и управляющие системы
производственными процессами для микро- и нанoeлектроники»,
представленной на соискание учёной степени доктора технических
наук по специальности 2.2.11 – Информационно-измерительные
и управляющие системы**

Актуальность работ по повышению эффективности управления производственными процессами в микро- и нанoeлектронике с учетом различных факторов, таких, как состояние производственной среды, исполнительных механизмов и оборудования, квалификации сотрудников, не вызывает сомнения. В связи с чем представленная диссертация, суть которой заключается в разработке теоретических положений, направленных на повышение управляемости информационно-измерительных и управляющих систем (ИИУС) производственными процессами для микро- и нанoeлектроники, позволяющих учитывать нелинейные факторы, обеспечивать их адаптивность к изменению производственных параметров и устойчивость в состоянии хаоса, - представляет значительный практический интерес.

Предложенная автором диссертационной работы оригинальная методика построения ИИУС на основе предложенных моделей использует утверждения и теоремы дискретной математики, теории множеств и графов. Применение методики позволяет учесть специфику конкретной ИИУС производственным процессом: назначение, ограничения, нелинейность. Методика построения ИИУС позволяет на 50% эффективнее разрабатывать и исследовать ИИУС производственными процессами для микро- и нанoeлектроники различной сложности по сравнению с существующими методами.

Кроме этого, заслуживает внимания разработанное автором диссертационной работы техническое решение в виде смарт-компонента, входящего в состав ИИУС, которое позволяет определить состав характеристик, компонентов и алгоритмов ИИУС для управления производством с точностью оценки состояния процесса и прогноза его динамики более 90%.

Таким образом, обоснованность, эффективность и достоверность полученных в работе результатов не вызывает сомнений, что подтверждают и представленные в работе данные о внедрении результатов диссертации.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что основные положения, выводы и рекомендации ориентированы на широкое

применение предложенных автором моделей, алгоритмов и методики для повышения управляемости ИИУС производственными процессами и могут быть тиражированы и масштабированы на другие предметные области.

Автореферат позволяет отметить наличие в работе единого системного подхода к решению поставленных задач, что придает диссертации характер законченного труда, выполненного на высоком научном и техническом уровне.

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

Диссертация, судя по автореферату, является завершенной квалификационной работой, содержит новые научные и практические результаты, отвечает требованиям ВАК, а ее автор, Шевнина Юлия Сергеевна, заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11 - Информационно-измерительные и управляющие системы.

Заместитель генерального директора
АО «НИИМЭ», д.т.н., профессор



П.В. Панасенко

Подпись Панасенко Петра Васильевича «Заверяю»

Начальник ОУП



М.В. Лизавенко

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники»

Тел.: +7 495 229 7299; +7 985 132 4329; email: ppanassenko@niime.ru

Адрес: 124460, Россия, Москва, Зеленоград, улица Академика Валиева, 6/1

Отзыв

на автореферат диссертации **Шевниной Юлии Сергеевны** на тему
*«Информационно-измерительные и управляющие системы
производственными процессами для микро- и нанoeлектроники»*,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие си-
стемы

При сложившейся тенденции к усложнению производства, увеличению точности производимых технологических операций, повсеместному использованию информационных технологий во всех областях промышленности тема представленной диссертационной работы является особенно актуальной. Научно-технический прогресс немыслим без использования информационно-измерительных и управляющих систем (ИИУС) для эффективного управления производственными процессами с помощью теоретических и практических исследований направленных на получение новых моделей, методов и алгоритмов, позволяющих учитывать нелинейные факторы производства, обеспечивать их адаптивность к изменению производственных параметров и устойчивость в состоянии хаоса.

Для представленной диссертации характерен грамотный, системный подход, основанный на фундаментальных трудах ученых, которые занимались вопросами нелинейной динамики. Задачи диссертационной работы продиктованы объективными производственным факторами и рассматриваются в приложении к конкретным объектам.

Большим достоинством диссертационной работы является логическая взаимосвязь теоретических исследований с практическими результатами. Так, обобщенная математическая модель представления ИИУС производственными процессами для микро- и нанoeлектроники используется при оценке

управляемости и наблюдаемости ИИУС, а разработанные теоретические основы анализа и прогнозирования изменения состояния системы использованы при программной реализации. При этом достигнута точность в оценке состояния ИИУС более 90%. Все это подчеркивает научно-практическую ценность работы, о которой также свидетельствуют результаты внедрения и эксплуатации ИИУС со смарт-компонентов в составе для совершенствования производственных процессов.

Отметив 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).

Работа, тем не менее, как следует из автореферата, полностью соответствует всем предъявляемым к докторским диссертациям требованиям ВАК, а соискатель Шевнина Юлия Сергеевна заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Отзыв составил:

Советник генерального директора
АО «НПП «Пульсар»,
заслуженный деятель науки РФ,
профессор
д.т.н.
20.11.2024г.



Синкевич Владимир Федорович

Электронный адрес: sinkevich@pulsarnpp.ru Тел.: +7 (495) 366-54-01
Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Пульсар»
Почтовый адрес: 105187, г. Москва, Окружной проезд, д. 27

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шевниной Юлии Сергеевны на тему
«ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ
ДЛЯ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ»

Представленная на соискание ученой степени доктора технических наук диссертационная работа Шевниной Ю.С. посвящена актуальным вопросам разработки новых моделей, алгоритмов и методики повышения управляемости информационно-измерительных и управляющих систем (ИИУС) производственными процессами для микро- и нанoeлектроники с учетом их нелинейности.

Состояние ИИУС производственным процессом зависит от множества внешних факторов и их нелинейность является критическим параметром, зачастую приводящим к катастрофам. Для оценки и учета нелинейности производственного процесса автором диссертации в разработанных теоретических основах построения ИИУС использованы положения таких разделов нелинейной динамики, как теория устойчивости, теория динамического хаоса и теория интегрируемых систем.

Как следует из автореферата, в диссертации проведен всесторонний анализ сложившейся ситуации в соответствие с поставленной проблемой упрощения и потери полноты существующих моделей представления ИИУС, в результате которого обоснована необходимость разработки теоретических положений, направленных на повышение управляемости ИИУС производственными процессами для микро- и нанoeлектроники, учитывающих их нелинейность.

Выдвинутые в работе новые научные положения, принципы, решения, модели и алгоритмы привели к созданию ИИУС со смарт-компонентом в составе, адаптированной и внедренной на производственные предприятия (АО «Микрон», ООО «НМ-Тех», ООО «ЭВМКомплект», ООО «Просенсор Сервис»), что подтверждается актами внедрения. Полученные в ходе работы над диссертацией результаты использовались в ряде НИР («Разработка установки безмасочной рентгеновской нанолитографии на основе МЭМС динамической маски для формирования наноструктур с размерами от 13 нм и ниже на базе синхротронного и/или плазменного источника»;

Отзыв на автореферат диссертации Шевниной Юлии Сергеевны на тему
«Информационно-измерительные и управляющие системы производственными процессами для микро- и нанoeлектроники»,

представленной на соискание ученой степени доктора технических наук

Управление, контроль и диагностика состояния информационно-измерительной и управляющей системы (ИИУС) производственными процессами является обязательной операцией в любой деятельности, в том числе и в микро- и нанoeлектронике. В связи с этим диссертационная работа Шевниной Ю.С., посвященная теоретико-практическим вопросам создания эффективного способа повышения управляемости ИИУС производственными процессами для микро- и нанoeлектроники представляет несомненный интерес. Тематика диссертации весьма актуальна, поскольку существующие для подобных целей способы и методы не учитывают нелинейный факторы производства, такие как состояние окружающей среды, исполнительных механизмов и оборудование, человеческого фактора, что сказывается на увеличении трудоемкости процесса диагностики, контроля и управления производством.

Автор диссертации грамотно определяет основные задачи диссертации в приложении к конкретным объектам, удачно выбирает методы их решения, и, судя по автореферату, прекрасно владеет не только традиционным математическим аппаратом, но и хорошо разбирается в вопросах нечетких множеств, нелинейной динамики и объектно-ориентированной парадигме.

Особенно следует отметить такие новации:

- новые теоретические подходы к техническим решениям создания ИИУС;
- обобщенная математическая модель ИИУС;
- алгоритм управления устойчивостью ИИУС;
- математическая модель граничных состояний ИИУС, условий их наступления и динамики изменения состояния системы при внешнем управляющем воздействии;
- алгоритм анализа и прогнозирования изменения состояния ИИУС;
- алгоритм принятия решения в условиях неопределенности внешней среды с учетом внутренних характеристик и целей ИИУС;
- техническое решение в виде смарт-компонента, входящего в состав ИИУС производственным процессом.

Опираясь на теоретические обобщения и исследования, с одной стороны, и на результаты верификации полученных моделей, алгоритмов и методики и эмпирические данные с другой, Шевнина Ю.С. получает практически применимые результаты для рассматриваемой области микро- и нанoeлектроники. Более того, научно-практическая ценность работы заключается еще и в том, что использование смарт-компонента, а также математические и имитационные модели и алгоритмы могут найти применение при создании цифровых двойников, разработки интеллектуальных систем прогнозирования, рекомендаций и принятия решений в различных областях науки и техники. Привлекает в рецензируемой диссертации

глубокий анализ проблемы, четкая логическая взаимосвязь между главами, системный подход к исследованиям, наглядность иллюстративного материала. Стоит также подчеркнуть, что полученные результаты широко известны научной общественности – по теме диссертации опубликовано 79 публикаций.

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

Диссертационная работа Шевниной Ю.С. соответствует специальности ВАК 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы. Диссертант Шевнина Ю.С. достойна присвоения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11.

Начальник отдела АО НПЦ «ЭЛВИС», д.т.н.
+7 (905)504-97-88, helen@elvees.com

Янакова Е.С.

Начальник лаборатории АО НПЦ «ЭЛВИС», д.т.н.
+7 (903)100-21-43, bel@elvees.com

Беляев А.А.

Юридический адрес: 124460, Москва, Зеленоград, ул. Конструктора Лукина, д.14, стр.14.

Почтовый адрес: 124460, Москва, а/я 19.

Подпись Янаковой Е.С. и Беляева А.А. удостоверяю



Отзыв

на автореферат диссертации Шевниной Юлии Сергеевны на тему
«Информационно-измерительные и управляющие системы производственными процессами для микро- и нанoeлектроники»

Диссертационная работа Шевниной Ю.С. посвящена решению актуальной проблемы теоретического обобщения и развития новых моделей состояния, прогнозирования поведения управляемого процесса, новых методов принятия решения для построения эффективных информационно-измерительных и управляющих систем (ИИУС), сочетающих преимущества различных подходов, в том числе нелинейной динамики, повышающих устойчивость и управляемость ИИУС.

Судя по автореферату, работу отличает системный подход к проблеме, тщательность проработки представленных аналитических и имитационных моделей, методик, алгоритмов, что облегчает их практическое использование.

Новизна диссертационной работы заключается в разработанных теоретических подходах, направленных на повышение управляемости ИИУС на основе методов нелинейной динамики, наиболее значимыми из которых являются: новые теоретические подходы к техническим решениям создания ИИУС; обобщенная математическая модель ИИУС; алгоритм управления устойчивостью ИИУС; математическая модель граничных состояний ИИУС, условий их наступления и динамики изменения состояния системы при внешнем управляющем воздействии; алгоритм анализа и прогнозирования изменения состояния ИИУС, позволяющий повысить эффективность принимаемых решений и проектировать эффективные кортежи характеристик ИИУС для получения требуемых результатов с точностью более 90%; алгоритм принятия решения в условиях неопределенности внешней среды с учетом внутренних характеристик и целей ИИУС; методика построения ИИУС; новое техническое решение с применением методов нелинейной динамики в виде смарт-компонента в составе ИИУС.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в широком применении полученных результатов для создания цифровых двойников, разработки интеллектуальных систем прогнозирования и принятия решения не только для управления производственными процессами в микро- и нанoeлектронике, но и в других предметных областях.

Отдельно следует отметить алгоритм принятия решения в условиях неопределенности внешней среды с учетом внутренних характеристик и целей ИИУС. Указанный алгоритм позволяет более чем в 3 раза повысить управляемость ИИУС за счет сокращения

возможных альтернатив. Для формирования альтернатив автором использован интересный подход – анализ изменения состояния ИИУС после принятия решения, а не изменение окружающей среды как в существующих методах и алгоритмах.

Замечания по автореферату.

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.

Указанные недостатки не влияют на положительный отзыв на автореферат и не снижают значимости работы, которая представляет собой законченный научный труд, доведенный до внедрения на производственных предприятиях.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод, что диссертационная работа Шевниной Ю.С. соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор достоин присвоения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Профессор отделения информационных технологий, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, (3822) 60-63-33, tpu@tpu.ru, www.tpu.ru.

Спицын Владимир Григорьевич

Подпись В.Г. Спицына удостоверяю
И.о. ученого секретаря НИ ТПУ



В.Д. Новикова

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шевниной Юлии Сергеевны «Информационно-измерительные и управляющие системы производственными процессами для микро- и наноэлектроники», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11 «Информационно-измерительные и управляющие системы»

Общая тематика исследования по информационно-измерительным и управляющим системам (ИИУС) отражает современную тенденцию цифровизации различных сфер экономики, а в отношении производства — концепцию цифровых двойников. Многоуровневая структура ИИУС представляет интерес со стороны общей теории технологий (Красников Г.Я., Горнев Е.С., Матюшкин И.В. Общая теория технологий и микроэлектроника. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020) как в отношении отображения процессов, происходящих в «живой» технологии микроэлектроники, так и в отношении исследования специфичной информационной технологии (ИТ). Поскольку производство порождает непрерывные потоки данных как сырье (Raw Data), требуется генерация управляющих воздействий, а именно управляющей информации.

Доминирующая точка зрения на ИИУС, выбранная автором, состоит в применении формализмов нелинейной динамики (НД). Эта междисциплинарная наука, несмотря на множество полученных за последние 20-30 лет существенных результатов по-прежнему активно развивается, в том числе в рамках теории управления и АСУТП. Коллективная динамика, мультиагентные системы и нейронные сети являются одними из важнейших направлений применения НД.

Актуальность применения НД к потребностям реального микроэлектронного производства вызывает сомнения. Первостепенное значение имеет поиск корреляций, кластеризация данных и вопросы обработки «больших данных», в связи с чем необходимо доказательство наличия феноменов НД (бифуркации, солитоны и пр.) для реального производства. Одним из вариантов обоснования актуальности может являться выявление нетривиальных статистических связей между этапами или производственными операциями с объяснением нелинейного характера таких связей. Дополнительным доводом является особый характер проявления феноменов НД в области ИИУС по сравнению с классической синергетикой. Практическая значимость выполненного исследования очевидна и не требует обоснований.

Исходя из заявленного объекта исследования «производственный процесс» и задачи № 4 об управлении устойчивостью ИИУС, в диссертации произошло смешение объекта и предмета. Если понятие устойчивости разных видов, в том числе и асимптотической, для классической системы типа маятника или химических превращений в реакторе давно определено, то для ИИУС даже выработка самого определения устойчивости является самостоятельной задачей. Данная новизна справедливо отмечена самим автором.

К достоинствам работы относятся следующие пункты.

Особо следует отметить проработанность концептуально-математической стороны, в частности представленной в виде алгоритма управления устойчивостью ИИУС (глава 2), обобщенной моделью ИИУС нанолитографа и моделью смарт-компонента ИИУС для литографии (глава 6).

Часть результатов диссертации реализована в ИИУС учебного процесса МИЭТ и подтверждена публикациями автора, что подчеркивает универсальный характер предложенной автором концепции применительно к различным технологиям.

Для обработки информации при управлении нанолитографом использовались нейросетевые методы (глава 6).

Однако в работе выявлены недостатки, наиболее существенные из которых приведены ниже.

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 её сравнения с классической тематикой SCADA-АСУТП, возникли нечеткость понимания объекта исследования и разрыв теории уровня производственного процесса (приведены преимущественно 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 оборудования 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.

Однако указанные недостатки не снижают ценности научной и практической составляющих диссертации.

Таким образом, представленная работа соответствует требованиям ВАК РФ к докторским диссертациям, а её автор – Шевнина Юлия Сергеевна заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.2.11 «Информационно-измерительные и управляющие системы».

Заместитель руководителя приоритетного
технологического направления
«Электронные технологии» РФ,
член-корр. РАН, д.т.н., профессор

Подпись Горнева Е.С. удостоверяю


Е.С. Горнев


Полное наименование организации: Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники»
Адрес: 124460, Россия, Москва, Зеленоград, улица Академика Валиева, 6/1
Тел: +7 495 229 72 99, Факс: +7 495 229 77 73
E-mail: niime@niime.ru
Сайт: www.niime.ru

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шевниной Юлии Сергеевны на тему «Информационно-измерительные и управляющие системы производственными процессами для микро- и нанoeлектроники», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности «2.2.11 – Информационно-измерительные и управляющие системы»

Актуальность работы Шевниной Ю.С. обусловлена необходимостью разработки новых методов, моделей и подходов для управления производством элементов микро и нанoeлектроники, что крайне важно для современных условий отечественного производства элементов и устройств.

В работе решаются задачи направленные на развитие теоретических основ разработки моделей состояния, прогнозирования поведения управляемого процесса, а также новых методов управления производством нано и микроэлектроники.

Научная ценность работы состоит в разработке новых теоретических подходов к созданию информационно-измерительных управляющих систем, предложены обобщённая математическая модель и математическая модель граничных состояний управляющих систем. Предложена методика построения информационно-измерительных управляющих систем, отличающаяся тем, что упрощает характеристические свойства. А также предложено новое техническое решение с применением методов нелинейной динамики, позволяющее повысить управляемость системы.

Практическая ценность состоит в том, что разработанные методы и алгоритмы реализованы в виде визуального прототипа управляющей системы при реализации отечественного нанолитографа. Наибольший практический интерес представляют полученные результаты повышения эффективности традиционных способов разработки управляющих систем с требуемыми характеристиками для различных предметных областей.

Отмечая актуальность, новизну и значимость представленной работы, следует высказать следующие замечания:

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.

Отмеченные замечания не снижают качества проведенных исследований, уровня достигнутых научных и практических результатов.

Представленная диссертация соответствует паспорту специальности 2.2.11 – Информационно-измерительные и управляющие системы и полностью отвечает требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней, а её автор, Шевнина Юлия Сергеевна, заслуживает присуждения степени доктора технических наук по специальности 2.2.11 – Информационно-измерительные и управляющие системы.

«13» 12 2024 г.



Андрианов Д.Е.

подпись

Подпись д.т.н., доцента Андрианова Д.Е. заверяю.

Секретарь Ученого совета института

О.Н. Полулях



Фамилия, имя, отчество: Андрианов Дмитрий Евгеньевич

Должность: заведующий кафедрой информационных систем.

Ученая степень, специальность, по которой защищена диссертация: доктор технических наук, защищал диссертационную работу по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации».

Ученое звание: доцент.

Структурное подразделение: кафедра информационных систем.

Полное наименование организации: Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

Сайт организации: <https://www.mivlgu.ru>

Почтовый адрес организации: 602264, Владимирская обл., г. Муром, ул. Орловская, д. 23

Интернет сайт организации: www.mivlgu.ru

e-mail организации: oid@mivlgu.ru

Рабочий телефон: 8(49234)77-112

e-mail: andrianovde@inbox.ru