

Председателю диссертационного совета  
24.2.417.03, созданного на базе ФГБОУ ВО  
«Тульский государственный университет»  
д-ру техн. наук, проф. Е.И. Минакову  
300012, г. Тула, пр. Ленина, 92

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Богатикова Валерия Николаевича на диссертацию Янова Евгения Сергеевича «Информационно-измерительная система оперативного косвенного контроля технологических систем», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы

### 1. Актуальность

В условиях санкционного давления на Российскую Федерацию и ухода с отечественного рынка иностранных производителей и поставщиков машиностроительной продукции стратегически важной задачей является повышение эффективности отечественных машиностроительных производств, то есть возможность максимально полно использовать имеющиеся ресурсы с целью обеспечения технологической независимости.

Эффективность отечественных машиностроительных производств достигается за счет выполнения следующих критериев эффективности:

- снижение простоев оборудования;
- сокращение продолжительности и количества переналадок оборудования;
- сокращение длительности производственного цикла;
- сокращение количества бракованной продукции;
- увеличение стойкости инструмента;
- сокращение цикла обработки продукции на оборудовании.

Сдерживающими факторами, влияющими на эффективность технологических систем машиностроительных производств, являются:

- низкая технологическая дисциплина (соблюдение технологии изготовления продукта производства и ритмичности работы);
- нерациональные режимы резания (стойкость инструмента и временные затраты на цикл обработки продукции);
- высокие издержки производства продукции.

Соблюдение технологической дисциплины также влияет на качество производимой продукции.

Для обеспечения соблюдения технологической дисциплины необходимо осуществлять оперативный контроль работы технологической

системы в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов или операций (ГОСТ 27.004-85).

Оперативный контроль состояния технологических систем возможно осуществлять различными способами, из которых наиболее перспективным является внедрение в производство информационно-измерительных систем (ИИС).

Выполненные исследования, направленные на разработку средств, методов и алгоритмов работы ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств, являются актуальными.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность**

На основании анализа литературных источников автор адекватно оценил состояние вопроса, что позволило корректно и обосновано поставить цель и сформулировать задачи исследований. Автором использована методология научных исследований, соответствующая теме диссертации, ее предмету и объекту.

Экспериментальные исследования проводились с использованием современных средств измерения, токарных и фрезерных станков с ЧПУ, а также с применением разработанной в рамках диссертационной работы информационно-измерительной системы. Достоверность полученных результатов подтверждена проведенными натурными и численными исследованиями разработанных математических моделей, экспериментальной проверкой их адекватности и работоспособности, а также результатами промышленной апробации и внедрения.

Выводы и рекомендации, представленные в работе, сделаны на основе фактического материала, его анализе при проведении теоретических и экспериментальных исследований.

На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что основные научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, обоснованы и достоверны.

## **3. Основные научные результаты**

Диссертация состоит из введения, шести разделов, заключения, списка литературы и приложений. Содержит 296 страниц машинописного текста, 50 таблиц, 157 рисунков, список литературы из 239 наименований и приложения на 121 странице.

Во введении изложены актуальность избранной темы, степень ее разработанности, цели и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы диссертационного исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов.



В первом разделе рассмотрены способы повышения эффективности технологических систем машиностроительных производств и проведен анализ программных, аппаратно-програмных комплексом и ИИС контроля состояния технологических систем.

Второй раздел посвящен разработке устройств сбора информации на основе вибросигнала, включающего в себя анализ вибрационного сигнала, разработку датчиков вибрации, датчика тока, а также способа установки разработанных датчиков.

Третий раздел посвящен принципам построения ИИС косвенного контроля, включающим в себя разработку математической модели ИИС, архитектуры ИИС и алгоритма ее функционирования.

В четвертом разделе разработаны методы обработки информационного сигнала в ИИС, которые включают: разработку метода контроля технологической дисциплины на основе отчетов о работе оборудования по анализу их вибросигнала с использованием ИИС и метода предиктивной аналитики состояния технологической системы.

В пятом разделе предложен метод назначения рациональных режимов обработки на основе контроля состояния технологических систем по данным косвенного контроля вибрации.

В шестом разделе представлена апробация разработанных средств, методов и алгоритмов.

В заключении изложены итоги выполненного диссертационного исследования, рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

#### **4. Анализ научной новизны результатов, положений, выводов и рекомендаций**

К положениям диссертационной работы, обладающим научной новизной, следует отнести:

– разработана математическая модель ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств с использованием метода пространства состояний, отличающаяся от известных тем, что позволяет не только осуществлять оперативный контроль, сбор и обработку информации о технологических процессах, но и оценивать динамику состояния и работы технологической системы (износ инструмента, износ оборудования, накапливающиеся изменения в работе оборудования);

– предложена архитектура и алгоритм ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем, отличающиеся от известных тем, что за счет использования методов косвенного контроля не требуется подключение к СЧПУ станка, что позволяет применять такую ИИС для контроля оборудования, не имеющего СЧПУ, а также не повышает категорию значимости объекта КИИ оборудования, имеющего СЧПУ;

– разработан метод контроля технологической дисциплины с

применением ИНС для ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств;

– разработан метод предиктивной аналитики состояния технологических систем с применением ИНС для ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств, отличающийся от известных тем, что из уровня вибрации в процессе обработки выделяются: постоянная составляющая, характеризующая параметры технологического процесса, высокочастотная составляющая, характеризующая состояние быстро изнашиваемой оснастки (инструмента), и низкочастотная составляющая, характеризующая изменение состояния оборудования, что позволяет построить ИИС, которая на основе одного датчика вибрации, расположенного в определенной точке оборудования, позволяет контролировать состояние технологической системы, производственную дисциплину и износ инструмента;

– разработан метод назначения рациональных режимов обработки на основе контроля состояния технологических систем по данным косвенного контроля вибрации.

### **5. Значимость полученных результатов**

Значимость полученных результатов для науки заключается в:

– развитии методического подхода усовершенствования перспективных информационно-измерительных и управляющих систем с целью повышения эффективности эксплуатации технологических систем на основе оперативного косвенного контроля технологической дисциплины;

– синтезе новой математической модели ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств.

Значимость полученных результатов для практики заключается в:

– их использовании в виде средств косвенного контроля и способа их установки при синтезе архитектуры ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств, что позволяет осуществлять проектирование как системы в целом, так и ее отдельных блоков;

– применении предложенного метода обработки информации для ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств, что позволяет повысить эффективность их эксплуатации.

### **6. Публикации и апробация результатов работы**

По теме диссертации автором опубликовано 27 научных работ, из них основных – 22 (2 единоличные, остальные – в соавторстве), в том числе 8 статей в периодических изданиях, рекомендованных ВАК, 2 статьи в изданиях, индексируемых в информационно-аналитических системах



научного цитирования Web of Science и Scopus, 1 монография, 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и 1 патент на полезную модель.

Практическая значимость работы подтверждается результатами апробации на семинарах и конференциях различного уровня, использованием результатов исследований на промышленных предприятиях, что подтверждается актами внедрения, приведёнными в приложении в диссертации.

## **7. Замечания по работе**

1. Мало внимания уделяется программной реализации предлагаемой системы.

2. Нет обоснования выбора нейросети для обработки временных рядов уровня вибрации и потребляемого тока, которые являются исходными данными для построения отчетов. Используется рекуррентная нейронная сеть (RNN). Может нужно реализовать фильтрацию на основе выбора или синтеза фильтров?

3. Из описания, представленного в диссертационной работе не очевидно принципиальное различие типовой и разработанной ИИС.

4. Не объяснено, как определяется пороговый уровень виброускорения, соответствующий работе оборудования.

5. Не указаны условия, при которых ИИС может давать сбои (например, влияние электромагнитных помех на датчики или вибрации от соседнего оборудования), что важно для практического применения.

## **8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Приведённые замечания носят частный характер и не влияют на общую положительную оценку в плане актуальности, научной новизны и полезности представленной работы, не затрагивают существа научных положений, представленных к защите, не отрицают основных выводов, сформулированных в диссертации. Основные результаты работы достаточно полно освещены в публикациях в ведущих научных журналах, доложены и обсуждены на конференциях различного ранга.

Диссертационная работа содержит: решение актуальной научной проблемы, обоснование методов и средств обеспечения оперативного косвенного контроля. Сбор, обработка информации о протекающих технологических процессах, прогнозирование состояния технологических систем осуществлялся с помощью применения искусственных нейронных сетей (ИНС). Что актуально в условиях возросших объемов выпуска продукции двойного и специального назначения с учетом сложности применения существующих на рынке известных ИИС, требующих

подключения к СЧПУ технологического оборудования, являющегося объектами КИИ промышленных производств.

Существо выполненных исследований раскрыто полностью.

Диссертация является логически завершенным и аргументированным изложением результатов научного исследования, выполненного автором.

Содержание диссертации и автореферата адекватно отражает ключевые моменты исследований, затрагиваемые защищаемые положения и выводы.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, и отвечает требованиям и. 9-11 и п. 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

Содержание диссертации соответствует Паспорту научной специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы, а именно п.1 «Научное обоснование перспективных информационно-измерительных и управляющих систем, систем их контроля, испытаний и метрологического обеспечения, повышение эффективности существующих систем».

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа заслуживает положительной оценки, а ее автор, Янов Евгений Сергеевич, присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Д.т.н., профессор кафедры ИТ ФГБОУ ВО  
Тверской государственный технический  
университет

В.Н. Богатиков

Подпись профессора В.Н. Богатикова заверяю

Ученый секретарь ФГБОУ ВО  
"Тверской государственный  
технический университет"

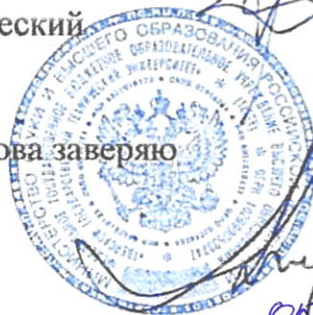
д.т.н., профессор

170026, Тверская область, г, Тверь, наб. Аф, Никитина, д. 22

Контактные телефоны: +7 (4822) 78-89-00

Факс: +7 (4822) 52-62-92

Адреса электронной почты: [common@tstu.tver.ru](mailto:common@tstu.tver.ru)



А.Н. Болотов

05.03.25



Председателю диссертационного совета  
24.2.417.03, созданного на базе ФГБОУ ВО  
«Тульский государственный университет»  
д-ру техн. наук, проф. Е.И. Минакову

---

300012, г. Тула, пр. Ленина, 92

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента доктора технических наук, профессора  
Алчинова Виктора Ивановича на диссертацию Янова Евгения Сергеевича  
«Информационно-измерительная система оперативного косвенного  
контроля технологических систем», представленную на соискание ученой  
степени доктора технических наук по специальности  
2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы

### **1. Актуальность избранной темы**

Диссертационная работа Янова Е.С. посвящена решению важнейшей проблемы новейшей истории Российской Федерации, которая заключается в поиске путей повышения производительности и в целом эффективности отечественных машиностроительных предприятий в современных экономических условиях, в том числе выполнения оборонного заказа, требующего снижения затрат на производство с сохранением качества продукции двойного назначения. Беспрецедентное санкционное давление на Российскую Федерацию и уход с отечественного рынка иностранных производителей и поставщиков машиностроительной продукции вынуждают решать стратегическую задачу обеспечения технологической независимости с максимально полным использованием имеющихся научно-технических ресурсов для повышения качества изделий и эксплуатации технологических систем (ТС).

Организация эффективной эксплуатации ТС прямо зависит от уровня внедрения в машиностроительное производство автоматизированных систем контроля и управления (АСКУ) заданными технологическими процессами или операциями. При отсутствии оперативной и достоверной информации контроля состояния технологической системы нет возможности управлять качеством производства, обеспечивать требуемую надежность ТС и снижение затрат на выпуск продукции. Организация оперативного контроля состояния ТС возможна различными способами внешнего и встроенного контроля, но наиболее перспективным является внедрение в производство информационно-измерительных систем (ИИС) косвенного контроля, позволяющих достичь экономический эффект.

Все отмеченное выше доказывает актуальность темы диссертационной работы Янова Е.С., посвященной обоснованию методов и средств обеспечения оперативного косвенного контроля, сбора и обработки информации о протекающих технологических процессах и прогнозирования состояния ТС, в том числе с помощью применения искусственных нейронных сетей (ИНС), и разработке на этой основе информационно-измерительной системы (ИИС) оперативного косвенного контроля ТС машиностроительных производств.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность**

Выносимые на защиту положения, достаточно обоснованы, поскольку основываются на современных теоретических представлениях и научных концепциях о проблемах, содержании и задачах технологического развития производственных систем, вопросах контроля состояния и управления ими, а также повышения эффективности, как ИИС и АСКУ, так и машиностроительных производств в целом.

Достоверность полученных результатов работы не вызывает сомнения, т.к. автором использовались методы натуральных и численных исследований разработанных математической модели, алгоритмов, адекватность и работоспособность которых в дальнейшем была подтверждена при проведении экспериментов. В работе использовались современные средства измерения, токарные и фрезерные станки с ЧПУ, апробированные и внедренные на предприятии ИИС и аппаратный комплекс. Большой объем экспериментальных исследований отражен в многочисленных графических материалах, таблицах, схемах, что наглядно подтверждает все полученные выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации.

Таким образом, основные научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, обоснованы и достоверны.

## **3. Основные научные результаты**

Диссертация состоит из введения, шести разделов, заключения, списка литературы и приложений. Содержит 296 страниц машинописного текста, 50 таблиц, 157 рисунков, список литературы из 239 наименований и приложения на 121 странице.

Во введении кратко рассмотрена суть проблемы, подчеркнута актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, методология и методы диссертационного исследования, а также положения, выносимые на защиту. Отмечена теоретическая и практическая значимость работы, ее апробация и публикации по теме исследования.

В первой главе диссертации рассмотрены развития научного направления, методы и способы повышения эффективности ТС



машиностроительных производств, а также представлен детальный сравнительный анализ существующих программных, аппаратно-программных технологических решений в области ИИС контроля состояния производственных систем.

Во второй главе рассмотрены причины возникновения вибраций в процессе работы технологического оборудования, проведен анализ устройств сбора информации о вибросигнале, а также приведено детальное описание разработки датчиков вибрации, датчика тока и способа их установки.

В третьей главе представлены математические модели ИИС: обобщенная и для разрабатываемой ИИС косвенного контроля, а также приведены ее архитектуры и алгоритмы функционирования.

Четвертая глава посвящена получаемым информационным сигналам и методам их обработки, а также дальнейшему анализу полученных отчетов о работе оборудования, в том числе с использованием ИИС, по результатам которого формируется управляющее действие в виде контроля технологической дисциплины предприятия.

В пятой главе предложен метод назначения рациональных режимов резания с использованием разработанной ИИС косвенного контроля состояния ТС.

В шестой главе проведена апробация разработанных методов, моделей, алгоритмов и средств, а также показана эффективность применения разработанной ИИС косвенного на машиностроительном предприятии.

В заключении изложены итоги выполненного диссертационного исследования, рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

#### **4. Анализ научной новизны результатов, положений, выводов и рекомендаций**

К научной новизне работы следует отнести:

– разработанную математическую модель ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств с использованием метода пространства состояний, позволяющая осуществлять как оперативный контроль, сбор и обработку информации о технологических процессах, так и оценивать динамику состояния и работы ТС (износ инструмента, износ оборудования, накапливающиеся изменения в работе оборудования);

– предложенную архитектуру и алгоритм ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем, которые не требуют подключения к СЧПУ производственного оборудования, что позволяет применять такую ИИС и для контроля оборудования общего назначения без СЧПУ, и для специального оборудования с СЧПУ, но при этом разработанная ИИС не повышает его категорию значимости как объекта критической информационной инфраструктуры;

– разработанный метод контроля технологической дисциплины с применением ИНС для ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств;

– разработанный метод предиктивной аналитики состояния технологических систем с применением ИНС для ИИС оперативного косвенного контроля ТС машиностроительных производств, в котором из уровня вибрации в процессе обработки выделяются: постоянная составляющая, характеризующая параметры технологического процесса, высокочастотная составляющая, характеризующая состояние быстро изнашиваемой оснастки (инструмента), и низкочастотная составляющая, характеризующая изменение состояния оборудования, что позволяет построить ИИС, которая на основе одного датчика вибрации, расположенного в определенной точке оборудования, позволяет контролировать техническое состояние ТС, производственную дисциплину и износ инструмента;

– разработанный метод назначения рациональных режимов обработки на основе контроля технического состояния ТС по данным косвенного контроля вибрации.

### **5. Значимость полученных результатов**

Значимость полученных заключается в следующих положениях:

– развитие методического подхода для усовершенствования перспективных ИИС и АСКУ на основе оперативного косвенного контроля технологической дисциплины с целью повышения эффективности эксплуатации ТС;

– разработка принципиально новой математической модели ИИС оперативного косвенного контроля ТС машиностроительных производств, на базе которой возможно создавать новые АСКУ с расширенным функционалом.

Практическая значимость полученных результатов заключается в следующем:

– использование разработанных технических средств сбора информации о вибрациях в виде датчиков вибросигнала и датчиков тока, а также способа их установки при синтезе архитектуры ИИС оперативного косвенного контроля ТС машиностроительных производств, что позволяет осуществлять проектирование устойчивой к сбоям и помехам, как системы в целом, так и отдельных ее частей;

– применение предложенного метода обработки информации для ИИС оперативного косвенного контроля ТС машиностроительных производств, что позволяет повысить эффективность их эксплуатации и результативность предприятия в целом.

### **6. Публикации и апробация результатов работы**

Основные результаты исследования опубликованы в 27 научных работах, из них основных – 22 (2 единолично, остальные – в соавторстве),



в том числе 8 статей в периодических рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, 2 статьи в изданиях, индексируемых в информационно-аналитических системах научного цитирования Web of Science и Scopus, 1 монография, 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и 1 патент на полезную модель.

Работа прошла апробацию на российских и международных отраслевых семинарах и конференциях различного уровня. Результаты исследования были использованы на промышленных предприятиях, что подтверждается актами внедрения, в соответствии с приложением В к диссертации.

#### **7. Замечания по работе**

1. При формулировании научной проблемы автор взял за основу сложившееся противоречие в практике, связанное с необходимостью разработки и внедрения ИИС технологических систем, в то время как в ее основе должны быть противоречия и в теории контроля ТС и создания ИИС, связанные с необходимостью разработки научно-методического аппарата оперативного косвенного контроля ТС, которые остались в работе до конца не выявленными. Отмечена лишь значительность трудов авторов в предметной области.

2. Не ясна роль общей математической модели в обосновании структуры ИИС по параметрам вибрации и тока. Автор не сформулировал систему принятых допущений и ограничений функциональной модели ИИС при выборе параметров косвенного контроля состояния ТС.

3. Хотя упоминается возможность масштабирования системы, не приведены конкретные данные о том, как это будет реализовано на практике и какие ресурсы для этого потребуются.

4. Не рассмотрены вопросы совместимости разработанной ИИС с автоматизированной системой управления технологическими процессами, используемой на предприятиях, включая протоколы обмена данными.

5. Не раскрыто, как в системе осуществляется корректировка режима после оптимизации технологического процесса резания – автоматически или через рекомендации оператору.

#### **8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Отмеченные замечания не сказываются на общей положительной оценке диссертационной работы, не затрагивают ее сути и основных выводов и являются дискуссионными.

Работа обладает единством, изложена последовательно, структурирована в своих основных частях и хорошо оформлена. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой и отвечает требованиям пп. 9-11 и п. 13, 14 «Положения о

присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

Диссертационная работа Янова Евгения Сергеевича «Информационно-измерительная система оперативного косвенного контроля технологических систем» содержит решение актуальной научной проблемы обоснования методов и средств обеспечения оперативного косвенного контроля, сбора и обработки информации о протекающих технологических процессах и прогнозирования состояния технологических систем, в том числе с помощью применения искусственных нейронных сетей, в условиях возросших объемов выпуска продукции двойного и специального назначения с учетом сложности применения существующих на рынке известных ИИС, требующих подключения к СЧПУ технологического оборудования, являющегося объектами КИИ промышленных производств для контроля технологической дисциплины и соответствует п. 1 «Научное обоснование перспективных информационно-измерительных и управляющих систем, систем их контроля, испытаний и метрологического обеспечения, повышение эффективности существующих систем» паспорта научной специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация заслуживает положительной оценки, а ее автор, Янов Евгений Сергеевич, присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Отзыв подготовил Алчинов Виктор Иванович, профессор кафедры филиала Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева в г. Пензе, 440005, г. Пенза-5, тел. (8412)546379, e-mail: paii@mil.ru,

доктор технических наук, профессор  В.И. Алчинов

«17» февраля 2025 г.

Подпись доктора технических наук, профессора Алчинова Виктора Ивановича ЗАВЕРЯЮ

ВРИО начальника отдела кадров

филиала ВА МТО в г. Пензе

*старший лейтенант*

«17» февраля 2025 г.



А. Кутьменев



Председателю диссертационного совета  
24.2.417.03, созданного на базе ФГБОУ ВО  
«Тульский государственный университет»  
д-ру техн. наук, проф. Е.И. Минакову  
300012, г. Тула, пр. Ленина, 92

## **ОТЗЫВ**

### **официального оппонента на диссертационную работу Янова Евгения Сергеевича**

«Информационно-измерительная система оперативного косвенного контроля технологических систем», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы

#### **1. Актуальность темы диссертационного исследования.**

В настоящее время одной из важнейших задач современной промышленности является повышение эффективности отечественных машиностроительных производств, решение которой обеспечит:

- снижение простоев оборудования;
- сокращение продолжительности и количества переналадок оборудования;
- сокращение длительности производственного цикла;
- сокращение количества бракованной продукции;
- увеличение стойкости инструмента;
- сокращение цикла обработки продукции на оборудовании и т.д.

Ключевыми факторами, оказывающими негативное влияние на эффективность технологических систем машиностроительных производств, являются: низкая технологическая дисциплина; нерациональные режимы резания; высокие издержки при производстве продукции и др.

Помимо этого, соблюдение технологической дисциплины влияет и на качество производимой продукции.

Для обеспечения соблюдения технологической дисциплины необходимо осуществлять оперативный контроль работы технологической системы, то есть совокупности функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов или операций (ГОСТ 27.004-85).

При отсутствии оперативной и достоверной информации о состоянии технологической системы практически исключается возможность контроля соблюдения технологической дисциплины, влияющей на эффективность ее использования. Одним из наиболее перспективных способов оперативного контроля состояния технологических систем является разработка и внедрение в производство информационно-измерительных систем (ИИС).

В связи с этим, тема диссертационной работы Янова Е.С. и



выполненные в ее рамках исследования, направленные на разработку ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств, являются **актуальными**.

## **2. Общие сведения о диссертации.**

Диссертация состоит из введения, шести разделов, заключения, списка литературы и приложений. Содержит 296 страниц машинописного текста, 50 таблиц, 157 рисунков, список литературы из 239 наименований и приложения.

**Во введении** изложены актуальность темы исследования, степень ее разработанности, цель и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы диссертационного исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов.

**В первом разделе** рассмотрены способы повышения эффективности технологических систем машиностроительных производств и проведен анализ ИИС контроля состояния технологических систем.

**Во втором разделе** описан процесс разработки устройств сбора информации на основе вибросигнала, проведен анализ вибрационного сигнала, создаваемого работой технологического оборудования, выполнена разработка датчиков вибрации, датчика тока, способа установки разработанных датчиков.

**В третьем разделе** рассмотрены принципы построения ИИС косвенного контроля состояния технологической системы, разработана математическая модель, архитектура и алгоритм функционирования ИИС.

**В четвертом разделе** разработаны методы обработки информационного сигнала в ИИС, которые включают: разработку метода контроля технологической дисциплины на основе отчетов о работе оборудования по анализу их вибросигнала с использованием искусственных нейронных сетей и метода предиктивной аналитики состояния технологической системы.

**В пятом разделе** предложен метод назначения рациональных режимов обработки на основе контроля состояния технологических систем по данным косвенного контроля вибрации.

**В шестом разделе** представлена апробация разработанных средств, методов и алгоритмов, приведены практические примеры и результаты функционирования разработанной ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем.

**В заключении** подведены итоги выполненного исследования, приведены рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

**В приложении** представлены акт калибровки датчика, пример суточного отчета, расчёт экономической эффективности от внедрения разработанной ИИС, копии документов о внедрении результатов диссертационного исследования, копии свидетельств на программы для ЭВМ и полезную модель Роспатента РФ.

Результаты диссертационной работы прошли достаточно широкую апробацию. По теме диссертации автором опубликовано 27 научных работ, в том числе 8 статей в периодических изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 2 статьи в изданиях, индексируемых в информационно-



аналитических системах научного цитирования Web of Science и Scopus, 1 монография, 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и 1 патент на полезную модель.

Автореферат диссертации соответствует содержанию диссертации, отражает основные этапы проведенных исследований.

Оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 СИБИД. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления.

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

На основании анализа литературных источников автор адекватно оценил состояние вопроса в рассматриваемой предметной области, что позволило корректно и обосновано поставить цель и сформулировать задачи исследования. Автором использована методология научных исследований, соответствующая теме диссертации, ее предмету и объекту.

Экспериментальные исследования проводились с использованием современных средств измерения, токарных и фрезерных станков с числовым программным управлением, а также с применением ИИС, разработанной в рамках диссертационной работы. Достоверность полученных результатов подтверждена проведенными натурными и численными исследованиями разработанных математических моделей, экспериментальной проверкой их адекватности и работоспособности, а также результатами промышленной апробации и внедрения.

Выводы и рекомендации, представленные в работе корректны и сделаны на основании представленного материала.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод об **обоснованности** научных положений, результатов и выводов, сформулированных в диссертации.

### **4. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, не вызывает сомнений. Они получены в ходе выполнения комплекса теоретических и экспериментальных исследований. Теоретические исследования выполнены с учетом современного уровня знаний в области ИИС. Экспериментальные исследования выполнялись по корректным методикам с использованием современных средств контроля. С учетом успешного использования результатов диссертации на производстве, что подтверждено актами внедрения, можно сделать вывод о **достоверности** научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

К положениям диссертации, обладающим **научной новизной**, следует отнести:

– впервые разработана математическая модель ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств с использованием метода пространства состояний, отличающаяся



от известных тем, что позволяет не только осуществлять оперативный контроль, сбор и обработку информации о технологических процессах, но и оценивать динамику состояния и работы технологической системы (износ инструмента, износ оборудования, накапливающиеся изменения в работе оборудования);

– предложена архитектура и алгоритм ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем, отличающиеся от известных тем, что за счет использования методов косвенного контроля не требуется подключение к системе числового программного управления станка (СЧПУ), что позволяет применять такую ИИС для контроля оборудования, не имеющего СЧПУ, а также не повышает категорию значимости объекта критической информационной инфраструктуры, имеющего СЧПУ;

– впервые разработан метод контроля технологической дисциплины с применением искусственных нейронных сетей для ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств;

– разработан метод предиктивной аналитики состояния технологических систем с применением искусственных нейронных сетей для ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств, отличающийся от известных тем, что из уровня вибрации в процессе обработки выделяются: постоянная составляющая, характеризующая параметры технологического процесса, высокочастотная составляющая, характеризующая состояние быстро изнашиваемой оснастки (инструмента), и низкочастотная составляющая, характеризующая изменение состояния оборудования, что позволяет построить искусственную нейронную сеть, которая на основе одного датчика вибрации, расположенного в определенной точке оборудования, позволяет контролировать состояние технологической системы, производственную дисциплину и износ инструмента;

– впервые разработан метод назначения рациональных режимов обработки на основе контроля состояния технологических систем по данным косвенного контроля вибрации.

Значимость полученных результатов для науки заключается в:

– в дальнейшем развитии методического подхода для усовершенствования перспективных информационно-измерительных и управляющих систем в области повышения эффективности эксплуатации технологических систем на основе оперативного косвенного контроля технологической дисциплины;

– в синтезе новой математической модели ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств.

Значимость полученных результатов для практики заключается в:

– их использовании в виде средств косвенного контроля и способа их установки при синтезе архитектуры ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств, что позволит осуществлять проектирование как системы в целом, так и ее отдельных блоков;

– применении предложенного метода обработки информации для ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем



машиностроительных производств, что позволяет повысить эффективность их эксплуатации.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы.

Научные и практические результаты диссертации рекомендуется применять на машиностроительных предприятиях для повышения эффективности эксплуатации технологических систем, а также в учебном процессе при подготовке магистров и аспирантов в области информационно-измерительных и управляющих систем.

Перспективой дальнейшего развития темы диссертации является распространения разработанного в рамках диссертационного исследования подхода к контролю состояния технологических систем, реализующих другие способы металлообработки, например, кузнечно-прессового оборудования.

**5. Замечания по диссертации.**

1. В пункте 3.1.2 диссертации, включающем описание математической модели предложенной ИИС, не совсем понятно, что представляют собой векторы внешних и внутренних помех измерения  $H_1(t)$  и  $H_2(t)$  и, например, каким образом, происходит расчет значения сигнала виброускорения  $X_a(t)$  по формуле (3.26), в которой, судя по описанию, все физические величины, кроме  $H_1(t)$ , являются скалярами.

2. В диссертации недостаточно подробно рассмотрена структура базы данных ИИС, что несколько затрудняет понимание процессов информационного взаимодействия компонентов ИИС друг с другом.

3. Из предложенного метода предиктивной аналитики состояния технологических систем не ясно какие исходные данные используются для предиктивной аналитики и как обеспечивается качество сигнала.

4. При описании метода предиктивной аналитики ведется речь о пороговом значении уровня вибрации, при этом в описании метода использование порогового уровня не обнаружено.

5. Некоторые рисунки, представленные в диссертации, схематично описывающие ИИС, носят скорее иллюстративный характер и являются малоинформативными (например, рис. 3.9, 4.1).

Указанные замечания носят частный характер, не влияют на общую положительную оценку диссертации и не снижают научной и практической ценности полученных в диссертации результатов.

**6. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней».**

Диссертация Янова Евгения Сергеевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой достигнута цель исследований и решены все поставленные задачи.

В диссертации на основе разработанной и внедренной в производство ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем решена актуальная **научная проблема** обоснования методов и средств обеспечения оперативного косвенного контроля, сбора и обработки информации о протекающих технологических процессах и прогнозирования состояния



технологических систем, в том числе с помощью применения искусственных нейронных сетей, в условиях возросших объемов выпуска продукции двойного и специального назначения с учетом сложности применения существующих на рынке известных ИИС, требующих подключения к СЧПУ технологического оборудования, являющегося объектами критической информационной инфраструктуры промышленных производств для контроля технологической дисциплины.

Научные результаты диссертации опубликованы и корректно отражают сущность выполненных исследований.

Материал диссертации имеет четкую логическую структуру, обладает внутренним единством, изложен технически грамотным языком с использованием общепринятой терминологии.

Содержание и полученные результаты диссертации соответствуют Паспорту научной специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы в части п.1 «Научное обоснование перспективных информационно-измерительных и управляющих систем, систем их контроля, испытаний и метрологического обеспечения, повышение эффективности существующих систем».

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Янова Евгения Сергеевича «Информационно-измерительная система оперативного косвенного контроля технологических систем» соответствует требованиям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а Янов Евгений Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

#### ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ:

Доктор технических наук (специальность 05.11.16 – «Информационно-измерительные и управляющие системы»), доцент,  
заведующий кафедрой «Энергообеспечение предприятий и теплотехника»  
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

*Грибков*

Грибков Алексей Николаевич  
24.02.2025

Контактная информация

Адрес: 392000, г. Тамбов, ул. Советская, д.106/5, помещение 2

Тел.: +7 (4752) 63-10-19

E-mail: [tstu@admin.tstu.ru](mailto:tstu@admin.tstu.ru)



**ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ**  
**УЧЕБНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ТГТУ**  
*Лиза* Г.В. Мозгова  
24 февраля 2025 г.