**ОТЗЫВ**

официального оппонента

на диссертационную работу **Ладягина Романа Владимировича** **«Прогнозирование эксплуатационных характеристик шпиндельных узлов токарных станков с применением нейросетевого моделирования»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 - Технология и оборудование механической и физико-технической обработки

**Структура и объём диссертации**

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Самарский государственный технический университет» и состоит из введения, пяти разделов, общих выводов, списка использованных источников (175 наименований) и приложений. Основное содержание работы изложено на 214 страницах, включая 96 рисунков и 43 таблицы.

**Актуальность темы**

Повышение точности механообработки является одной из тенденций развития современного машиностроительного производства.

Решение указанной проблемы возможно только при всестороннем рассмотрении погрешностей обработки, формирующихся как при проектировании и изготовлении станка, так и при его эксплуатации.

Шпиндельный узел, как главный элемент точности и производительности, нуждается в совершенствовании методов проектирования. Нейросетевые модели позволяют комплексно учитывать взаимовлияние проектных параметров, сокращая время и стоимость разработки.

В связи с этим актуальность представленной работы, направленной на повышение достоверности и обоснованности прогнозирования эксплуатационных характеристик шпиндельных узлов металлорежущих станков за счет использования нейросетевых моделей, не вызывает сомнений.

**Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Корректное использование известных положений в соответствующих предметных областях, современных методов обработки информации, а также

сходимость результатов натурных испытаний и вычислений убеждают в достоверности представленных в диссертационной работе научных исследований, экспериментальных методик, результатов, рекомендаций и выводов.

Научная новизна работы заключается:

- в предложенной и экспериментально проверенной методики комплексной оценки эксплуатационных характеристик шпиндельных узлов, предусматривающая контроль температуры стенки корпуса, радиального биения и жёсткостных параметров;

- в обосновании подхода к интеграции экспериментальных данных, аналитических зависимостей и конечно-элементного моделирования с целью формирования репрезентативной обучающей выборки;

- в доказательстве, что нейросетевые модели обеспечивают более высокую точность прогнозирования ЭХ по сравнению с традиционными аналитическими и регрессионными методами;

- в разработке прикладного программного средства на базе обученной нейронной сети, предназначенного для оперативного прогнозирования основных эксплуатационных характеристик ШУ в зависимости от факторов разной природы действия.

**Практическая значимость полученных автором результатов**

Практическая ценность работы заключается:

- в разработке нейросетевого инструмента позволяющего существенно сократить проектный цикл и снизить финансовые затраты благодаря отказу от изготовления прототипов и проведения испытаний, что критически важно для малосерийного производства;

- в апробации предложенной методики проектирования в производственных условиях на предприятии ООО «Средневолжский Станкозавод» при обновлении линейки токарных станков SAMAT 400;

- в применении методологии генеративного проектирования дающей конструкторам возможность оперативно перебирать и сопоставлять различные варианты исполнения ШУ по комплексу показателей — точности, жёсткости, теплостойкости и виброустойчивости.

Материалы исследования приняты к использованию в учебном процессе при проведении лабораторных работ, а также при подготовке выпускных квалификационных работ по направлениям 15.03.05 и 15.04.05.

**Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов**

Использование полученных в диссертационной работе результатов на станкостроительных предприятиях имеет хорошую перспективу, особенно в свете решения проблемы комплексного проектирования систем станка, так как позволяет повысить достоверность и обоснованность спрогнозированных эксплуатационных характеристик разрабатываемых шпиндельных узлов за счет использования нейросетевых моделей учитывающих широкое разнообразие действующих факторов.

**Публикации и апробация работы**

Публикации автора по теме диссертации (15 печатных работ, из них 4 статьи в журналах, включенных в перечень ВАК, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ), доклады на 8 научно-технических конференциях различного уровня в течение 2023-26 г.г., дают основание считать, что представленная работа прошла необходимую апробацию и нашла соответствующее отражение в открытой печати.

**Оформление материалов диссертации**

Диссертация имеет целостную структуру и единый стиль изложения материала. Написана технически грамотным языком, логично изложена и аргументирована, что позволило раскрыть как частные аспекты рассматриваемых задач, так и всей работы в целом. Диссертация снабжена достаточным количеством иллюстративного материала, ссылками на авторов и источники, откуда заимствованы отдельные результаты. Рисунки выполнены качественно. Выводы позволяют оценить результативность выполненных исследований. Материалы приложений содержат необходимую информацию и документацию.

Автореферат в достаточной степени отражает содержание диссертационной работы и позволяет оценить основные результаты, полученные лично автором, а также выводы и рекомендации, вытекающие из проведенных исследований.

**Замечания по диссертации**

1. В п. 1.3.2 автором рассматривается достаточно новый и перспективный вид проектирования – генеративное, при этом не приводиться никаких цифр подтверждающих его преимущества.

2. При определении силовых смещений переднего конца шпинделя в экспериментальной части работы (2 глава) и в расчетах по используемым зависимостям (3 глава) не учитывается осевая составляющая сила резания $P_x$, хотя она вносит определенные погрешности в процесс обработки деталей.

3. В таблице 2.4, п. 2.1.1.2 указаны рекомендуемые величины максимальных усилий прикладываемых к шпинделю, при этом они ограничиваются 8000 Н, а на рисунке 3.25, п. 3.4.2 усилие для двух станков (1М63 и 16Р25П) превышает отметку в 10000Н. Не понятно с чем это связано.

4. В п. 3.4.3 приводится корреляционный анализ влияния входных переменных на выходные, при этом не раскрывается, какие же переменные оказывают взаимное влияние. В частности, не понятно, какие переменные кроме прикладываемого усилия влияют на прогиб переднего конца шпинделя.

5. В таблицах 3.7…3.9, п. 3.4.4 приводится числовые значения первых двух собственных частот шпинделя, полученных МКЭ, однако построенная нейросетевая модель MLP 26-20-4, п. 4.1.2 прогнозирует только первую собственную частоту, не понятно для чего тогда в п.3.4.4 приведены значения для второй частоты.

6. На стр. 125 отмечается, что ошибка прогноза относительно данных эксперимента для нейросети точнее для переменной: $T$ – на 9,5 %; $\Delta$ – на 30,2 %; $\delta$ – на 21,6 % по сравнению с расчетными зависимостями, которые также используются при обучения нейросети. Тогда не ясно, за счет чего у нейросети выросла точность прогнозирования.

**Соответствие паспорту научной специальности**

Основные положения выполненных исследований соответствуют паспорту научной специальности 2.5.5 - Технология и оборудование механической и физико-технической обработки: «1. Теория и практика проектирования, монтажа и эксплуатации станков, станочных комплексов, в том числе автоматизированных цехов и заводов, автоматических линий, а также их компонентов (приспособлений, гидравлических узлов и т. д.), оптимизация компоновки, состава комплектующего оборудования и его параметров, включая использование современных методов информационных технологий»; «4. Создание, включая проектирование, расчеты и оптимизацию, параметров рабочего инструмента и других компонентов оборудования, обеспечивающих технически и экономически эффективные процессы обработки».

**Общая характеристика диссертационной работы**

1. Диссертационная работа Ладягина Р.В. является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи повышения достоверности и обоснованности прогнозирования эксплуатационных характеристик шпиндельных узлов на этапе их проектирования, имеющей существенное значение для отечественного станкостроения. Тем самым можно констатировать, что диссертация соответствует критериям пункта 9 раздела 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней.

2. Тема, цель, задачи и содержание диссертации соответствуют заявленной специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

3. Работа выполнена на достаточно высоком научно-техническом уровне. Методики и средства выполненных исследований соответствуют решаемым соискателем задачам, результаты теоретических исследований и натурных экспериментов, выполненных соискателем, достоверны и достаточны для обоснования сделанных выводов.

4. Диссертация имеет практическую ценность, так как полученные соискателем результаты позволяют повысить достоверность прогнозирования эксплуатационных характеристик шпиндельных узлов металлорежущих станков. Использование результатов работы, представленных в виде методического, программного, информационного обеспечения и практических рекомендаций, имеет хорошую перспективу.

5. Степень апробации результатов работы достаточна. Общая подготовленность и научный потенциал соискателя отвечают требованиям, предъявляемым к соискателям ученой степени кандидата технических наук.

6. Научные выводы и практические результаты отражают в полном объёме основные результаты работы, полученные в ходе диссертационного исследования.

7. Автореферат в достаточной степени отражает содержание диссертационной работы и позволяет оценить основные результаты, полученные лично соискателем, а также выводы и рекомендации, вытекающие из проведенных исследований.

Сделанные выше замечания не снижают научную и практическую ценность полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

**Заключение**

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Ладягина Р.В. по актуальности, научно-техническому уровню, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверности и новизне, значению для теории и практики, по личному вкладу соискателя соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней № 842, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. в актуальной редакции, а её автор – Ладягин Роман Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 - «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Профессор кафедры
"Техническая механика и мехатроника"
СГТУ имени Гагарина Ю.А.,
доктор технических наук
(специальность 05.03.01 - Технология и оборудование
механической и физико-технической обработки),
профессор 27.10.26 Игнатьев Александр Анатольевич
E-mail: atp@sstu.ru , тел. 8452-998638

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»
410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77
+7 (8452) 99-88-11, +7 (8452) 99-88-22,
prrector@sstu.ru

Подпись профессора Игнатьева Александра Анатольевича заверяю
Учёный секретарь Учёного совета
СГТУ имени Гагарина Ю.А. А.В. Потапова

Подпись Игнатьева НА удостоверяю
Заместитель начальника управления кадров
«27» 10 2026 г.