

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по УР и МД

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный
технический университет»

д.т.н., профессор

Н. Бескопыльный

«17» апреля 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Сухова Александра Вадимовича «Совершенствование технологии сборки и разборки резьбовых соединений с помощью ультразвука», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – «Технология машиностроения»

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Постоянное ужесточение условий эксплуатации современных изделий машиностроения в свою очередь диктует необходимость обеспечения требований, предъявляемых к качественным и эксплуатационным свойствам машиностроительной продукции, а также обуславливает необходимость разработки и внедрения новых подходов к процессам сборки и разборки резьбовых соединений. Особое внимание должно быть уделено учету факторов, определяющих снижение их работоспособности, среди которых наиболее значимыми являются самопроизвольное отвинчивание и уменьшение осевой силы под воздействием знакопеременных и вибрационных нагрузок. Данные явления приобретают особое значение в условиях эксплуатации, характеризующихся повышенными динамическими воздействиями, что может приводить не только к отказам отдельных узлов и агрегатов, но и к выходу из строя конструкций и изделий в целом.

Путем, позволяющим повысить эксплуатационные свойства резьбовых соединений, соискатель отмечает использование ультразвуковых колебаний, которые позволяют преобразовывать характер трения из сухого в квазивязкий. Следует отметить, что на данный момент отсутствовали экспериментальные исследования, своим результатом представляющие емкое

и полное сравнение эффективности применения различных типов наложения ультразвука, на которые можно было бы опереться при разработке технологий по сборке и разборке резьбовых соединений с помощью ультразвука.

В этой связи исследование, направленное на определение степени эффективности применения ультразвуковых колебаний различного типа, оптимизацию параметров ультразвукового воздействия и разработку на этой основе технологических рекомендаций, безусловно, является актуальным.

2. Структура и основное содержание работы

Работа представлена логичной структурой и состоит из последовательных глав, соответствующих поставленной цели и задачам исследования. Диссертационная работа Сухова Александра Вадимовича является завершённым научным исследованием и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников и приложения. Диссертация изложена на 182 страницах, содержит 28 таблиц, 85 рисунков и 138 формул. Автореферат, представленный на 20 страницах, полно и достоверно отражает содержание диссертации. Список основных работ по теме диссертации включает 9 работ, из которых 3 опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК, 3 опубликованы в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus. Также получен 1 патент на изобретение, 1 патент на полезную модель, 3 свидетельства о государственной регистрации базы данных и 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Во **введении** приведены актуальность и степень разработанности решаемой проблемы, определены цель и задачи исследования, сформулирована практическая ценность и научная новизна исследования, приводятся сведения о достоверности и апробации результатов исследования.

В **первой** главе на основании изучения литературных источников, посвящённых проблемам сборочно-разборочных операций резьбовых соединений, определены наиболее распространённые причины отказов резьбовых соединений, которые связаны с ослаблением предварительной затяжки и эффектом самооткручивания. Рассмотрены и проанализированы методы решения этих проблем, в том числе применение ультразвука. Также проанализированы работы по сборке и разборке с применением ультразвука, на основании чего обоснована необходимость сравнения эффективности

применения ультразвуковых колебаний с учетом особенностей их наложения на резьбовое соединение.

Во **второй** главе изложены планирование и основные методики исследований влияния ультразвуковых колебаний на сборку и разборку, представлены сведения об акустических параметрах применения ультразвука, а также приведено обоснование выбора влияющих факторов. Описано ультразвуковое, испытательное и измерительное оборудование, применяемое в процессе экспериментального исследования. Также кратко изложены методики статистической обработки данных экспериментов и получения математических зависимостей на основе этой обработки.

В **третьей** главе приведены результаты теоретических исследований. Подробно рассмотрено взаимодействие элементов резьбового соединения, включая влияние различных типов колебаний (продольных, продольно-крутильных, сдвиговых) на распределение нагрузок и моменты завинчивания и отвинчивания. Также рассмотрены трибологические особенности, характерные для процесса сборки резьбовых соединений. Особое внимание уделяется моделированию силового взаимодействия, где учитываются основные действующие силы, такие как сила завинчивания, трение, осевые силы и инерционные эффекты. Результаты, представленные в главе, базируются на имеющихся научных знаниях, базовых положениях, непротиворечивы и, в целом, корректны.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям влияния ультразвуковых колебаний на эффективность применения ультразвуковых колебаний различных типов при сборке и разборке. Экспериментально определено влияние ультразвука при сборке на параметры шероховатости поверхности элементов резьбового соединения при сборке и на усилие сдвига собранного соединения, на основании чего обоснован механизм повышения эффективности сборки. Экспериментально определено влияние факторов амплитуды колебаний, массы соединения и температуры на эффективность сборки и методами статистической обработки определены наиболее значимые факторы.

Пятая глава посвящена разработке рекомендаций по применению ультразвуковых колебаний при сборке и разборке резьбовых соединений, а также разработке ультразвукового оборудования и инструментов. Кроме того, в главе приведены примеры практической реализации результатов исследования. Также приведены программные решения, позволяющие

автоматизировать управление технологическим процессом и поддерживать заданные режимы работы оборудования.

3. Научная новизна результатов работы

В результате выполнения диссертационной работы автором получены новые закономерности и методы, в частности:

1. Выявлена и описана полиномиальными зависимостями взаимосвязь основных акустико-технологических параметров процесса сборки (амплитуды колебаний, массы и температуры элементов соединения) с относительным моментом отвинчивания, характеризующим осевую силу, создаваемую в соединении для трех типов колебаний – сдвигового, продольного и продольно-крутильного (п. 3 паспорта научной специальности 2.5.6.).

2. В зависимости от типа колебаний при сборке достигнуто повышение момента отвинчивания на 25...50%, при разборке – снижение требуемого усилия отвинчивания на 8...50%. Установлено, что применение колебаний сдвигового типа в 1,7 раза эффективнее колебаний продольного типа и в 2 раза эффективнее колебаний продольно-крутильного типа (п. 4 паспорта научной специальности 2.5.6.).

3. Разработан метод сборки и разборки резьбовых соединений, основанный на применении ультразвуковых колебаний сдвигового типа, обеспечивающий снижение динамической нагрузки на срез на 23% (п. 4, 5 паспорта научной специальности 2.5.6.).

4. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность результатов выполненных исследований подтверждается использованием современных методов и средств измерений, совокупностью экспериментальных исследований и подтвержденной статистическими методами адекватностью полученных моделей, а также успешной апробацией результатов работы на действующих промышленных предприятиях. Приведенные результаты не противоречат данным других авторов.

Основные положения диссертационной работы доложены на международных конференциях и семинарах и отражены в 9 печатных работах в различных журналах и сборниках трудов конференций, из которых 3 работы опубликованы в научных изданиях, входящих в международные реферативные базы данных, и 3 в изданиях, входящих в перечень ВАК.

Также по результатам исследований получены 1 патент на полезную модель, 1 патент на изобретение, 3 свидетельства о регистрации баз данных и 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Выводы в заключении в достаточной степени обоснованы, соответствуют поставленным задачам, цели работы и сформулированной новизне.

5. Практическая значимость результатов работы и рекомендации по использованию

Значимость полученных результатов заключается в:

- Разработке технологических рекомендаций по сборке и разборке резьбовых соединений, в том числе расположенных в труднодоступных местах, с применением продольных, продольно-крутильных и сдвиговых ультразвуковых колебаний.

- Разработке ультразвуковых инструментов и оснастки, обеспечивающих передачу колебаний различных типов собираемым или разбираемым резьбовым соединениям.

- Разработке программного комплекса, включающего в себя базы данных технических характеристик ультразвукового оборудования и программу мониторинга ультразвуковой колебательной системы, которая позволяет поддерживать заданный технологический режим.

Основные положения и выводы диссертации А.В. Сухова могут быть использованы в практике машиностроительных предприятий с целью повышения эксплуатационных свойств резьбовых соединений. Результаты диссертационной работы могут эффективно применяться как при производстве, так и при обслуживании изделий машиностроения ведущими отечественными предприятиями, такими как: Люберецкий авторемонтный завод №1" (г. Люберцы), ОАО "АВТОВАЗ" (г. Тольятти), предприятиями компании "Группа ГАЗ".

6. Соответствие диссертации и автореферата паспортам научных специальностей

Содержание диссертации и автореферата соответствуют требованиям паспорта научной специальности 2.5.6. - «Технология машиностроения» по п. 3 «Математическое моделирование технологических процессов и методов изготовления деталей и сборки изделий машиностроения», п. 4 «Совершенствование существующих и разработка новых методов обработки и сборки с целью повышения качества изделий машиностроения и снижения

себестоимости их выпуска», п. 5 «Методы проектирования и оптимизации технологических процессов».

7. Замечания по диссертационной работе.

1. Автор достаточно широко сформулировал цель работы, практически перечислил все решаемые в ней задачи.
2. В устанавливаемых в работе аналитических зависимостях не указаны размерности входящих в них величин, что затрудняет анализ их объективности и оценку достоверности.
3. Амплитуда в процессе наложения ультразвука в работе определялась с помощью предварительно полученного тарировочного графика - зависимости амплитуды от напряжения на УКС. Однако в работе тарировочный график не приводится
4. Очень большие сомнения вызывает корректность, используемой автором зависимости 3.2.1 применяемой для оценки контурного давления, как по размерности, так и входящих в неё величин, на пример, что означает σ , R_b .
5. Обобщая результаты исследований, автор эффект изменения момента закручивания и раскручивания, а также величины деформации и геометрических параметров шероховатости опорной поверхности гайки при сборке связывает только с величиной амплитуды УЗК, при этом не учитывает механические свойства гайки, которые изменяются под воздействием УЗК, что сужает область практического применения аналитических моделей, полученных в работе.

8. Заключение.

Диссертационная работа выполнена на актуальную тему и является законченной научно-квалификационной работой. Результаты, полученные соискателем, вносят существенный вклад в развитие сборочно-разборочных процессов и имеют важное практическое значение. Выводы и основные результаты, представленные в работе, обоснованы теоретически и экспериментально и опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Автореферат достоверно и полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа соответствует требованиям паспорта научной специальности 2.5.6. - «Технология машиностроения» по следующим пунктам - №3, №4, №5 и требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на

соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Сухов Александр Вадимович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. - «Технология машиностроения».

Диссертационная работа Сухова Александра Вадимовича и настоящий отзыв обсуждены на совместном заседании кафедр «Технология машиностроения», «Металлорежущие станки и инструменты» 4 апреля 2025г. Присутствовало 18 чел, в том числе 5 д.т.н., проф; 12 к.т.н., доц. Голосовали за 18, против нет.

Заведующий кафедрой «Технология машиностроения» д.т.н., (научная специальность:05.02.08) . профессор.
Тел.89034055101,
Email: tehn_rostov@mail.ru

Тамаркин Михаил Аркадиевич

И.о. заведующего кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты» к.т.н., (научная специальность:05.02.08) . профессор.
Тел.89515395159,
Email: va.lebidev@yandex.ru

Лебедев Валерий Александрович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный технический университет", ДГТУ

344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1; +7(863) 273-85-25; reception@donstu.ru

Подписи Тамаркина Михаила Аркадьевича
Лебедева Валерия Александровича

заверяю
Ученый секретарь Ученого Совета
«07» апреля 2025 г.

В.Н. Анисимов