

В диссертационный совет 24.2.353.02  
при ФГБОУ ВО «Орловский  
государственный университет имени  
И.С. Тургенева»

### **ОТЗЫВ**

**официального оппонента кандидата технических наук ГЛАДКОВА ЮРИЯ АНАТОЛЬЕВИЧА на диссертационную работу Землянушнова Никиты Андреевича на тему «Повышение стабильности эксплуатационных параметров цилиндрических пружин сжатия упрочнением при контактном заневоливании», представленную в диссертационный совет Д. 24.2.353.02 при ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» для публичной защиты на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением (технические науки)**

**Актуальность исследования.** С целью снижения монтажного пространства узлов, агрегатов и систем, в которых эксплуатируются винтовые цилиндрические пружины сжатия, в современном машиностроении существует тенденция снижения их массы и габаритных размеров. При этом необходимо обеспечить повышение эксплуатационных параметров пружин. Высокий потенциал для решения указанной задачи имеет совершенствование технологий изготовления пружин, включающих современные методы обработки металлов давлением.

Известны работы рассматривающие вопросы теоретического и экспериментального обоснования напряженно-деформированного состояния пружин как при контактном заневоливании так и при дробемётной обработке. Однако в известных публикациях не рассмотрено обоснование совместного применения данных упрочняющих операций при изготовлении пружин: а именно не учтено влияние предшествующей дробемётной обработки на операцию контактного заневоливания.

В связи с этим можно отметить, что задача повышения качества цилиндрических пружин сжатия путём совершенствования технологии их

изготовления с использованием упрочняющих операций обработки металлов давлением: дробемётной обработки и контактного заневоливания в условиях комплексного локального нагружения, является актуальной.

**Научная новизна работы заключается:**

- в научном обосновании нового способа упрочнения пружин с применением совместных операций пластического упрочнения: дробемётной обработки и контактного заневоливания;

- в разработке и исследовании математической модели определения параметров пружин сжатия при изготовлении с применением совместных операций пластического упрочнения: дробемётной обработки и контактного заневоливания, учитывающей увеличение предела текучести материала пружинной проволоки в упрочнённой зоне после дробемётной обработки;

- в определении зависимости свободной высоты рабочей части пружины, площади упругого ядра и величины упругого ядра сечения проволоки пружины от нагрузки контактного заневоливания (при температуре 250 °С, без учёта и с учётом влияния предшествующей контактного заневоливания дробемётной обработки).

**Практическая ценность работы заключается:**

- в разработке устройства для контактного заневоливания пружин, позволяющем повысить стабильность эксплуатационных параметров пружин, в том числе работающих с ударным или силовым контактом витков;

- в возможности применения разработанного устройства при упрочнении пружин в машиностроении, металлообработке, автомобилестроении и других отраслях промышленности;

- в разработке способа изготовления высоконагруженных пружин сжатия, который может быть использован при разработке технологического процесса изготовления пружин уменьшенного сечения проволоки;

- в разработке технологии изготовления внутренних клапанных пружин двигателей автомобиля ВАЗ с применением дробемётной обработки и контактного заневоливания;

- разработанная по новому способу технология изготовления пружин сжатия позволяет повысить стабильность эксплуатационных параметров (релаксационную стойкость, циклическую долговечность, точность силовых характеристик) пружин относительно пружин, изготовленных ранее известными способами.

**Достоверность результатов**, представленных в диссертационной работе, подтверждается применением общепринятых методов исследования, использованием данных полученных в производственных процессах изготовления и испытания пружин и достаточной сходимостью результатов экспериментальных работ с результатами теоретических исследований.

### **Структура и содержание работы.**

Диссертационная работа посвящена изучению и разработке технологии изготовления внутренних клапанных пружин двигателя автомобиля ВАЗ из предварительно упрочненной пружинной проволоки, обеспечивающей повышение стабильности их эксплуатационных параметров (релаксационной стойкости, циклической долговечности, точности силовых характеристик) и состоит из введения, четырёх разделов, заключения, списка использованных источников, включающего 131 наименование и приложений. Работа изложена на 147 страницах текста, содержит 30 таблиц и 56 рисунков.

**В первом разделе** рассмотрены проблемы снижения ресурса пружин, выполнен анализ способов упрочнения пружин, повышающих их эксплуатационные характеристики, проанализирован процесс упрочнения пружин контактным заневоливанием в условиях комплексного локального нагружения, рассмотрены устройства для контактного заневоливания, представлена математическая модель контактного заневоливания пружин. Представлена классификационная схема процессов пластического упрочнения пружин с учетом контактного заневоливания. Показано, что контактное заневоливание можно рассматривать как метод деформирования с комплексным локальным нагружением очага деформации. Сделан вывод о необходимости совершенствования устройств для контактного заневоливания

пружин с целью повышения ресурса упрочняемых пружин. Показано что, качество изготовления пружин может быть повышено посредством применения упрочняющих операций: дробемётной обработки и контактного заневоливания в условиях комплексного локального нагружения. Показано что, существующая математическая модель контактного заневоливания пружин не учитывает влияния предшествующей дробемётной обработки на упрочняемую зону, что снижает точность определения параметров пружин.

**Во втором разделе** выполнено исследование напряженно-деформированного состояния пружин при комплексном локальном упрочнении, впервые учтено увеличение предела текучести материала пружинной проволоки в упрочненной зоне в результате предшествующей контактного заневоливания дробемётной обработки. Предложен способ изготовления высоконагруженных пружин. Проведено исследование зависимости свободной высоты рабочей части пружины, площади упругого ядра и величины упругого ядра сечения проволоки пружины от нагрузки контактного заневоливания при температуре 250 °С без учёта и с учётом влияния предшествующей контактного заневоливания дробемётной обработки.

**В третьем разделе** представлены результаты экспериментальных исследований разработанной технологии изготовления внутренних пружин клапанов двигателей автомобилей ВАЗ. Разработано устройство для упрочнения внутренней пружины клапана двигателя автомобилей ВАЗ. По предложенному способу с применением разработанного устройства разработаны два новых варианта технологии изготовления пружин. Проведены испытания изготовленных пружин на стойкость к циклическим нагрузкам и релаксационную стойкость, по результатам которых установлено, что разработанная технология работоспособна и обеспечивает снижение рассеивания рабочей нагрузки на 14,3 % и повышение циклической долговечности до 40 %. Установлено, что учёт увеличения предела текучести материала пружинной проволоки в упрочнённой зоне после дробемётной

обработки повышает точность математической модели определения параметров пружин сжатия при изготовлении с применением совместных операций пластического упрочнения: дробемётной обработки и контактного заневоливания на 3,43 %.

**В четвертом разделе** представлены результаты проектирования, изготовления и испытаний на релаксационную стойкость и на стойкость к циклическим нагрузкам пружин клапана двигателя автомобиля ВАЗ уменьшенного сечения проволоки. Экспериментально установлено, что Установлено, что разработанная технология изготовления пружин клапанов обеспечивает внутренней пружине клапанов из проволоки Oteva 70 уменьшенного сечения диаметром 2,6 мм соответствие геометрических и силовых параметров, а также повышение циклической долговечности более чем на 40 %.

**В заключении** представлены основные результаты и выводы по работе.

**Автореферат диссертации** отвечает установленным требованиям и включает список работ автора по теме исследования: 8 статей в изданиях, рекомендованных ВАК; 8 публикаций Web of Science и/или Scopus, 3 патента на изобретение, 1 монография.

#### **Замечания к работе.**

1. Предел текучести пружинной проволоки Oteva 70 с учётом влияния остаточных напряжений после навивки напряжения при пластическом упрочнении принят равным 1683 МПа (стр. 66, стр. 74, стр. 112, стр. 116). При этом контактное заневоливание пружины производят при температуре 250 °С (стр. 61, стр. 68, стр. 74, стр. 75). При теоретических исследованиях, было бы целесообразно учитывать изменение предела текучести материала пружинной проволоки при указанной температуре.

2. В ряде случаев используются отсканированные графические материалы (рисунки: 1.11, 1.12, 1.13).

3. Теоретическое определение осадки пружины при дробемётной обработки следовало расширить. В частности, необходимо учитывать

геометрическую разницу фигур, образующих границы зон упругого ядра при дробемётной обработки (круг) и при заниволивании (эллипс) в поперечном сечении рабочего витка.

4. Из текста диссертации не ясно, применима ли разработанная математическая модель к пружинам, обладающим меньшей относительно клапанных пружин, выносливостью, например к пружинам II и III класса.

5. Не приводятся технические характеристики операции дробемётной обработки, такие как: скорость и масса дробемёта.

6. Не приводятся результаты планирования экспериментальных исследований, не ясна статистическая достоверность их результатов.

**Соответствие паспорту специальности 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением.**

Основные результаты диссертационной работы соответствуют направлению исследования паспорта научной специальности 2.5.7 «Технологии и машины обработки давлением», а именно пункту 1 «Закономерности деформирования материалов и повышения их качества при различных термомеханических режимах, установление оптимальных режимов обработки».

**Заключение.** Диссертационная работа Землянушнова Никиты Андреевича «Повышение стабильности эксплуатационных параметров цилиндрических пружин сжатия упрочнением при контактном заневоливании» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача повышения качества цилиндрических пружин сжатия путём совершенствования технологии их изготовления с использованием упрочняющих операций обработки металлов давлением: дробемётной обработки и контактного заневоливания в условиях комплексного локального нагружения. Разработан новый, научно-обоснованный процесс повышения стабильности эксплуатационных параметров (релаксационной стойкости, циклической долговечности, точности силовых характеристик) винтовых цилиндрических пружин сжатия упрочнённых контактном заневоливанием, после дробемётной обработки.

Сделанные замечания не ставят под сомнение научную новизну работы, её достоверность, практическую значимость и не снижают общую положительную оценку диссертации.

Представленная диссертация соответствует критериям, установленным пунктам 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор Землянушнов Никита Андреевич заслуживает присуждение ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.7 «Технологии и машины обработки давлением».

Официальный оппонент:  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры  
МТ6 «Технологии обработки  
давлением» МГТУ им. Н.Э. Баумана

21.11.2023

Гладков Юрий Анатольевич

105005, Москва,  
2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1  
телефон: +7 (499) 263-6391  
<https://bmstu.ru/?p%3D5125>  
e-mail: [bauman@bmstu.ru](mailto:bauman@bmstu.ru)

