

ТРАНСПОРТ

УДК 629.083: 62-272.22

<https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-3-48>

МОДЕРНИЗАЦИЯ И ИСПЫТАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПРУЖИН

Н. А. Землянушнов¹, Н. Ю. Землянушнова²

Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

¹ e-mail: nikita3535@mail.ru

² e-mail: zemlyanushnova@rambler.ru

Аннотация. Актуальность исследования определяется развитием технологий, позволяющих восстанавливать эксплуатационные параметры пружин, используемых на автомобильном транспорте, добиваясь увеличения долговечности узлов и агрегатов в устройство которых они входят. Представлена общая структурная схема методов исследования совершенствования технологии восстановления автомобильных пружин. Для технологической операции растягивания пружин необходимо применение устройства для растяжения пружин. Известные устройства не нашли широкого применения в условиях авторемонтных предприятий. Недостатком рассмотренного устройства для растяжения пружин является сложность конструкции и ограниченность его использования для растяжения пружин, имеющих различную геометрию. Цель данной работы – совершенствование устройства для растяжения пружин. Предложена конструкция устройства, основанная на использовании установочных баз и принципиальной схемы известного устройства. В предлагаемой конструкции устройства трудоёмкие в изготовлении Т-образные пазы, служащие для осуществления контакта опорных роликов с резьбовой оправкой перемещением люнета и контакта ролика с витком пружины перемещением головки заменены соответственно на нетрудоёмкие в изготовлении овальные отверстия в основании люнета и на перемещаемую в отверстиях головки вилку. Конструкция устройства пригодна для растягивания пружин с иными шагом витков и внутренним диаметром, для чего следует изготовить соответствующие гайку с резьбовой оправкой и ролик для прижима пружины, не изготавливая устройство вновь, что даёт экономический эффект. Изготовлено и испытано устройство для растяжения пружин. По результатам испытаний высота пружин при растяжении увеличена в среднем на 4,9 мм. Таким образом, для выполнения последующих после растягивания технологических операций восстановления силовых и геометрических параметров внутренних пружин клапанов автомобилей ВАЗ обеспечен припуск 6,5 мм. Предложенная конструкция устройства рекомендуется при проектировании и изготовлении устройств для восстановления параметров крупных пружин, используемых на автомобильном транспорте, например, пружин подвески.

Ключевые слова: восстановление и испытание пружин, устройство для восстановления пружин, технология восстановления пружин.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации (приказ Минобрнауки России от 26 января 2021 года № 54, проект СП-3658.2021.1).

Для цитирования: Землянушнов Н. А., Землянушнова Н. Ю. Модернизация и испытание устройства для восстановления автомобильных пружин // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – № 3. – С. 48–61. <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-3-48>.

MODERNIZATION AND TESTING OF A DEVICE FOR RESTORING AUTOMOBILE SPRINGS

N. A. Zemlyanushnov¹, N. Yu. Zemlyanushnova²

North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

¹ e-mail: nikita3535@mail.ru

² e-mail: zemlyanushnova@rambler.ru

Abstract. The relevance of study is determined by development of technologies that allow restoring operational parameters of springs used in automobile transport, achieving an increase in durability of components and assemblies in which they are included. A general block diagram model of research methods for improving technology of restoring automobile springs is presented. For technological operation of stretching springs, it is necessary to use a device for stretching springs. The known devices have not found wide application in the conditions of car repair enterprises. The disadvantage of the considered device for stretching springs is complexity of design and limitations of its use for stretching springs with different geometries. The purpose of this work is to improve the device for stretching springs. The device design based on the use of settling surface and a schematic diagram of known device is proposed. In the proposed design of the device, labor-intensive T-shaped grooves used to make contact of support rollers with threaded mandrel by moving lunette and roller contact with spring coil by moving the head are replaced, respectively by non-labor-intensive oval holes in base of lunette and by fork moved in hole of head. The design of device is suitable for stretching springs with a different pitch of turns and internal diameter, for which it is necessary to make appropriate nut with threaded mandrel and ring and roller for clamping the spring, without making the device again, which gives an economic effect. The spring stretching device has been manufactured and tested. According to test results, height of springs during tension was increased by an average of 4.9 mm. Thus, in order to perform subsequent technological operations restoring the power and geometric parameters after stretching of internal valve springs of VAZ cars, an allowance of 6.5 mm is provided. The proposed device design is recommended in design and manufacture of devices for restoring parameters of large springs used in automobile transport, for example, suspension springs.

Key words: spring recovery and testing, spring recovery device, spring recovery technology.

Acknowledgements. The work was carried out with support of the Grants Council of the President of Russian Federation (Order of Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation No. 54 dated January 26, 2021, project SP-3658.2021.1).

Cite as: Zemlyanushnov, N. A., Zemlyanushnova, N. Yu. (2022) [Modernization and testing of a device for restoring automobile springs] *Intellect. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 3, pp. 48–61. <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-3-48>.

Введение

Актуальными являются исследования, направленные на совершенствование методов и сервисных технологий восстановления деталей, используемых в узлах и агрегатах транспортных систем и технологических машин [7]. Значительное подорожание как новых, так и подержанных автомобилей, а также их запасных частей показало острую необходимость разработки и внедрения новых технологий, позволяющих восстанавливать эксплуатационные качества изношенных деталей.

В экономически развитых странах [6] функционирует большое количество авторемонтных предприятий. Так в США их около 30 тысяч, а в Японии около 80 тысяч. Работа таких предприятий позволяет извлекать большую экономическую выгоду из эксплуатации каждого автомобиля за счет более длительного срока эксплуатации всего парка транспортных средств. Например, в США грузовых автомобилей, эксплуатируемых свыше 10 лет, около 40% от всего парка, тогда как в России этот показатель в два раза меньше. Развитие методов восстановления деталей целесообразно и с точки зрения положительного влияния на экологию, так как при восстановлении изношенных деталей уровень загрязнения значительно ниже, чем при изготовлении новых. Полная утилизация изношенных деталей также наносит больший вред экологии по сравнению с технологическими процессами их восстановления.

В известных работах преимущественно рассматриваются вопросы восстановления базовых и основных деталей автомобилей, таких как блок цилиндров, коленчатый вал, распределительный вал др. Работы посвящены, как правило, деталям подверженным износу рабочих поверхностей либо с повреждениями противокоррозионных покрытий [1].

Важнейшими деталями в транспорте являются пружины [19, 21]. Они относятся к деталям подверженным в основном механическим повреждениям, а именно остаточным деформациям. При эксплуатации пружин неизбежно происходит рассеивание их геометрических, физико-механических и силовых параметров, как правило, происходит потеря рабочей нагрузки [3]. Несоответствие силовых параметров пружины допусковым отклонениям, при отсутствии неисправимых дефектов, является неисправностью, устранение которой возможно проведением ремонтных работ, направленных на восстановление её работоспособности, что позволит увеличить срок послеремонтной эксплуатации автомобильной техники. Неисправимыми дефектами являются поломка пружины или наличие глубоких трещин [18]. Наибольшее влияние на значения нагрузки пружины оказывает её геометрия, в частности высота. В работах [2, 8] показано изменение высоты клапанных пружин и рассеивание их силовых параметров. Обеспечение заданной точности геометрических параметров пружин позволяет обеспечить требуемые им силовые параметры

и повысить эффективность эксплуатации агрегатов и систем автомобилей [3].

Проводятся исследования, направленные на оценку и повышение эксплуатационной надежности пружин подвески автомобилей [15–17, 20]. Всё большее применение находят высоконагруженные пружины, эксплуатируемые с силовым или ударным контактом витков или с большим числом циклов, позволяющие уменьшать габариты механизмов и устройств автомобильной техники. Например, пружины клапанов ДВС являются высоконагруженными [3, 9].

При восстановлении пружин применяются специальные растягивающие устройства. Известные устройства не нашли применения в условиях авторемонтных предприятий ввиду сложности их конструкции и несовершенства технологий восстановления пружин. Целью работы является модернизация и испытание устройства для восстановления пружин.

Известные устройства для восстановления пружин

Как правило, принцип работы известных способов восстановления пружин [4] основан на сочетании операций пластической деформации (растяжения) и нагрева материала пружины электрической энергией т. е. они являются электроконтактными.

Рассмотрим способ [11] восстановления пружин авторов С. Ю. Элькина и А. Л. Шашкина. При реализации способа операции растяжения и нагрева выполняют одновременно растягивая, нагревая и обжимая последовательно каждый рабочий виток. Принципиальная схема устройства для осуществления способа [11] приведена на рисунке 1. Неравномерный нагрев витков приведет к формированию в их сечении избыточных напряжений и закалочных трещин, так как материал пружинной проволоки, как правило, имеет низкую теплопроводность. Это является недостатком, снижающим ресурс восстановленных пружин.

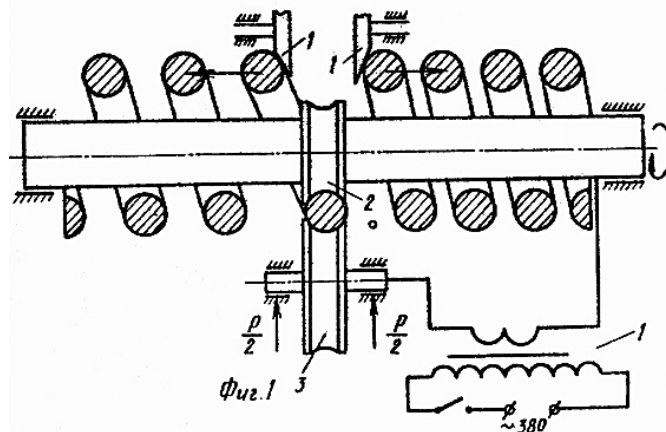


Рисунок 1. Принципиальная схема устройства для восстановления пружин
Источник: взято из [11]

Изготовление устройства, реализующего представленный выше способ [11], в условиях авторемонтных предприятий не представляется возможным из-за его сложности, в том числе токоподающих контактов, трансформатора, нагревающего и охлаждающего устройства, токоподводящих проводов и трубопроводов.

Устройство [12] содержит установленные на раме приводной механизм растяжения пружины с траверсой, механизмы зажима переднего и заднего концов пружины, первый из которых жестко закреплен на траверсе механизма растяжения, токоподводы с изоляторами, емкость для охлаждающе-закалочной жидкости и пульт управления. Конструкция и принцип работы установки достаточно сложны, что является недостатком.

Для каждого типоразмера пружин требуется столько же типоразмеров устройств. Отсутствуют

операции упрочнения пружин, работающих при ударных нагрузках.

На рисунках 2–4 представлено известное устройство для восстановления пружин [13].

Устройство содержит размещённое на основании средство для растяжения пружины и ролик. Средство для растяжения пружин содержит прикрепленные к основанию 1 стойки 2, 3 и 4 с резьбой для размещения соответственно нажимных винтов 5, 6 и резьбовой оправки 7 с проточкой на конце по внутреннему диаметру растянутой пружины 8 для её размещения. В сопрягаемой с оправкой 7 стойке 4 резьба равна шагу растянутой пружины 8.

В основании 1 имеются Т-образные пазы для перемещения посредством нажимных винтов 5 и 6 соответственно лонета 9 со встроенными опорными роликами и головки 10 со встроенным роликом 11. По наружному диаметру ролика 11 выполнена

проточка по радиусу витка пружины 8. Перемещение головок нажимных винтов 5 и 6 относительно люнета 9 и головки 10 ограничены без препятствия их вращению запрессованными в последние штифтами 12. Благодаря этому осуществляют перемещение люнета 9 с роликами и головки 10 с роликом

11 по Т-образным пазам, вращая соответственные нажимные винты 5 или 6. Первый рабочий виток пружины 8 защемилен на оправке Г-образным болтом 13 посредством затягивания гайки 14. Пружина 8 поджата к оправке роликом 11 головки 10. Принцип работы устройства представлен в работе [13].

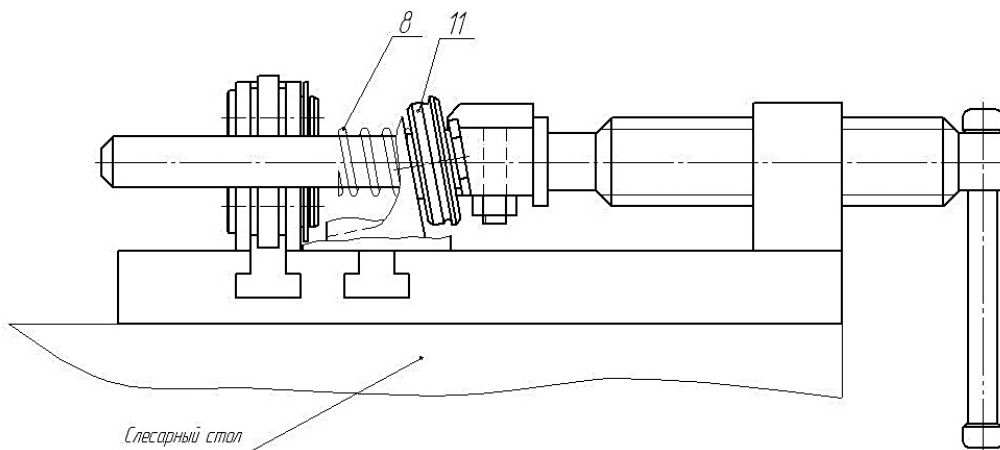


Рисунок 2. Вид известного устройства спереди
Источник: взято из [13]

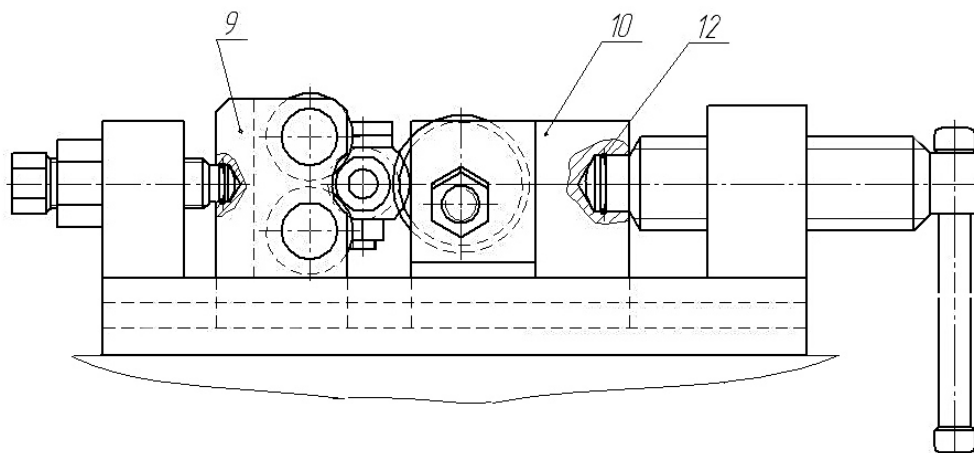


Рисунок 3. Вид известного устройства сбоку
Источник: взято из [13]

Недостатками устройства являются трудоёмкость изготовления Т-образных пазов и невозможность использовать устройство для растяжения пружин, имеющих иной шаг витков и иной внутренний диаметр пружины. Рассмотренное устройство [13] принято за прототип.

Предлагаемое устройство для восстановления пружин

Предложено новое устройство (рисунки 6–8). Принципиальная схема устройства приведена на рисунке 5. На оправке 1 закрепляется пружина 4,

затем к первому полному витку пружины подводится растягивающий ролик 2, который упирается буртиком в виток.

При вращении оправки с закрепленной на ней пружиной против часовой стрелки оправка и пружина перемещаются вправо, ролик прокатывается по виткам пружины и растягивает её в соответствии с шагом резьбы оправки. Для предотвращения отклонения оправки от растягивающего ролика и выхода витка пружины из зацепления с буртиком ролика стержень оправки поддерживается роликовой опорой 3.

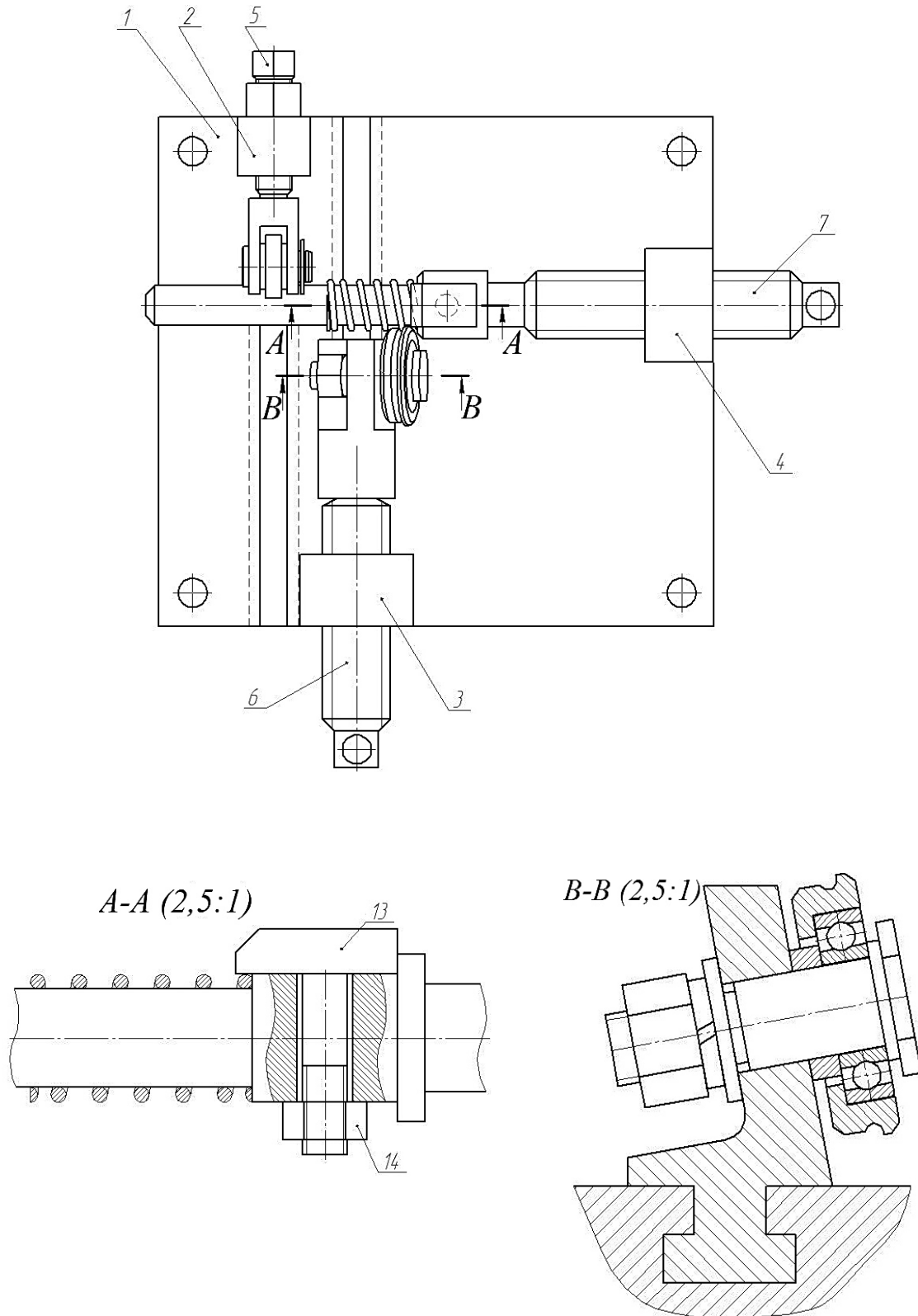


Рисунок 4. Вид известного устройства в плане
Источник: взято из [13]

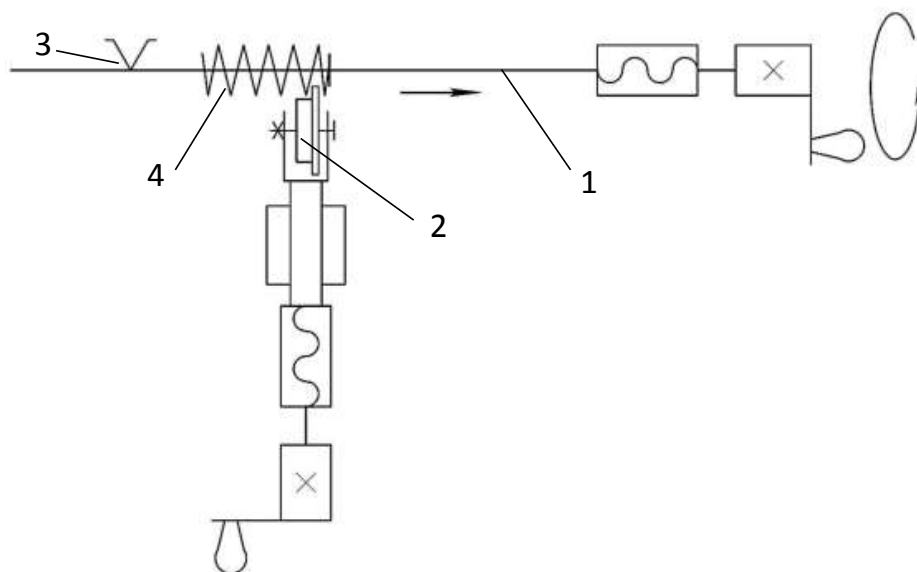


Рисунок 5. Принципиальная схема предложенного устройства
 Источник: разработано авторами

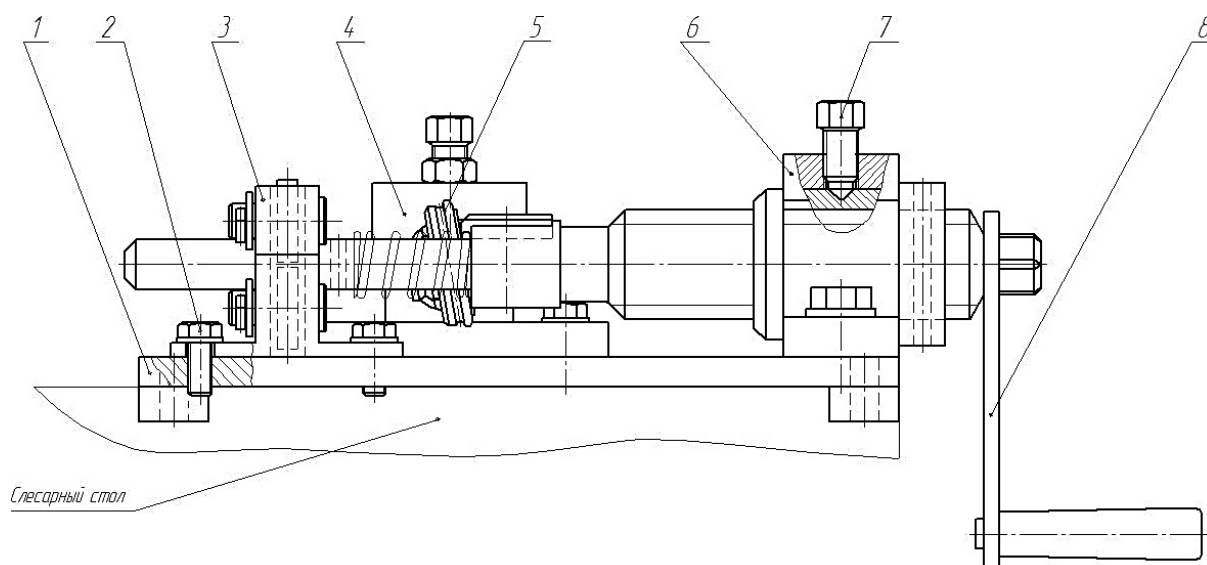


Рисунок 6. Вид нового устройства спереди
 Источник: разработано авторами на основе [14]

Устройство (рисунки 6–8), реализующее принципиальную схему (рисунок 5), содержит [14] прикрепленный к основанию 1 болтами 2 люнет 3 со встроенными опорными роликами 9 для поддержки резьбовой оправки 11 с проточкой на конце по внутреннему диаметру растянутой пружины для её размещения. Шаг резьбы оправки 11 равен шагу растянутой пружины. В резьбовую

оправку 11 вставлены прижим 21 с резьбой и болты 22 и 19 для защемления первого и последнего витка растянутой пружины и закреплено штифтом 14 кольцо 13. В головку 4 встроены ролик 5, по наружному диаметру которого выполнена проточка по радиусу витка растягиваемой пружины. Устройство содержит стойку 6 для размещения резьбовой оправки 11, стойку 16 с резьбой для

размещения винта нажимного 15, движение которого передаётся ролику 5 без препятствия его вращению. Вращение резьбовой оправки 11 для её перемещения относительно ролика 5 и растяжения пружины осуществляется в закреплённой винтом 7 к стойке 6 гайке 12 с соответствующей резьбовой оправке 11 резьбой. Гайка 12 совместно с резьбовой оправкой 11 и размещённой на резьбовой оправке 11 растянутой пружины имеет возможность свободно выниматься из устройства как для выполнения замены или термообработки пружины, так и для размещения в стойке 6 аналогичным образом иной втулки с резьбовой оправкой и закреплённой пружины с иными шагом и диаметром. В основании люнета 3 выполнены овальные отверстия для его перемещения и закрепления после упора опорных роликов 9 в оправку

11. В головке 4 выполнено отверстие для размещения и перемещения в ней вилки 10 со свободно вращающимся на оси 20 вилки 10 роликом 5 посредством воздействия нажимного винта 15 на запрессованные в вилку 10 штифты 17. Плотность контакта ролика 5 с витком пружины обеспечивается соответствующими наклоном и диаметру витка пружины наклоном и ходом ролика 5, зависящими от наклона и длины паза в вилке 10 и от расположения контактирующей поверхности винта 18 в головке 4. Положение начала первого витка пружины относительно ролика 5 определяется при изготовлении устройства местом расположения кольца 13 на оправке 11 и местом расположения фаски под коническую поверхность винта 7 на прижатой к кольцу 13 гайке 12. Принцип работы устройства представлен в работе [14].

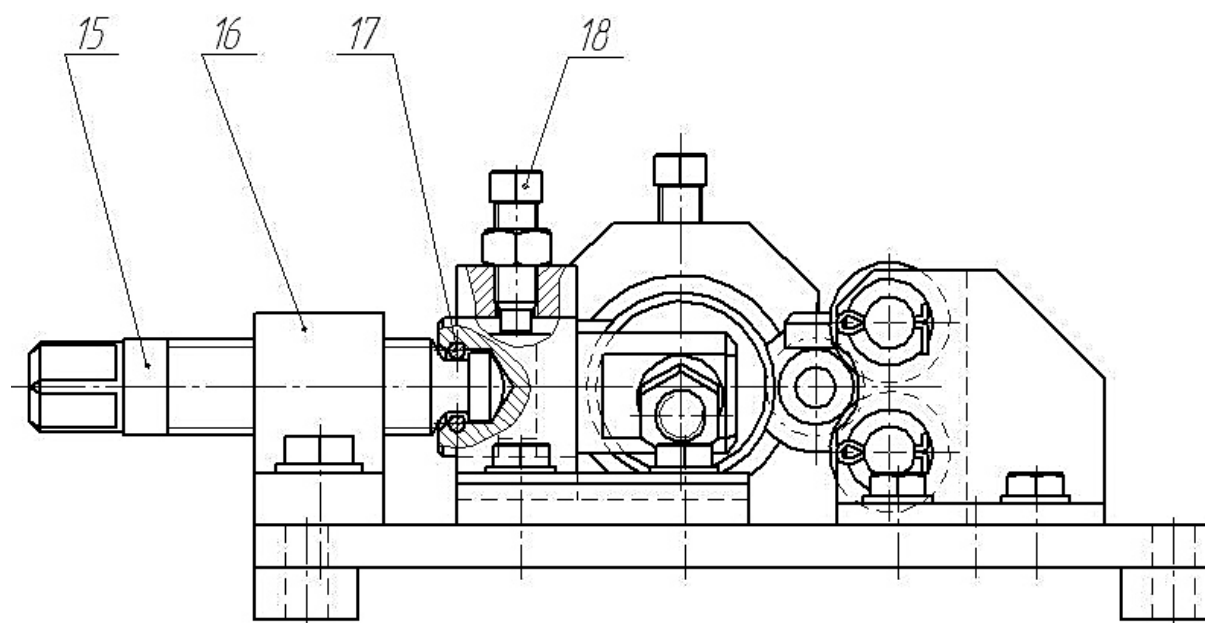


Рисунок 7. Вид нового устройства сбоку

Источник: разработано авторами на основе [14]

Т-образные пазы, служащие для осуществления контакта опорных роликов с резьбовой оправкой перемещением люнета и контакта ролика с витком пружины перемещением головки, заменены на овальные отверстия в основании люнета и на перемещаемую в отверстиях головки вилку. Устройство применимо для растяжения пружин с иными шагом витков и внутренним диаметром. Необходимо изготовить ролик для прижима, кольцо и резьбовую оправку требуемых размеров. Устройство пригодно для использования термомеханической обработки [10].

Испытание устройства для восстановления пружин

Для испытания устройства выбрана внутренняя пружина клапана автомобиля ВАЗ. На производственных базах предприятий АО «БелЗАН» (г. Белебей) и ООО КПК «Автокрансервис» (г. Ставрополь) по предложенной конструкции [14] изготовлено устройство для восстановления пружин (рисунки 9, 10). Основание устройства в сборе показано на рисунке 9. Резьбовая оправка в сборе с гайкой и упорным кольцом представлена на рисунке 10.

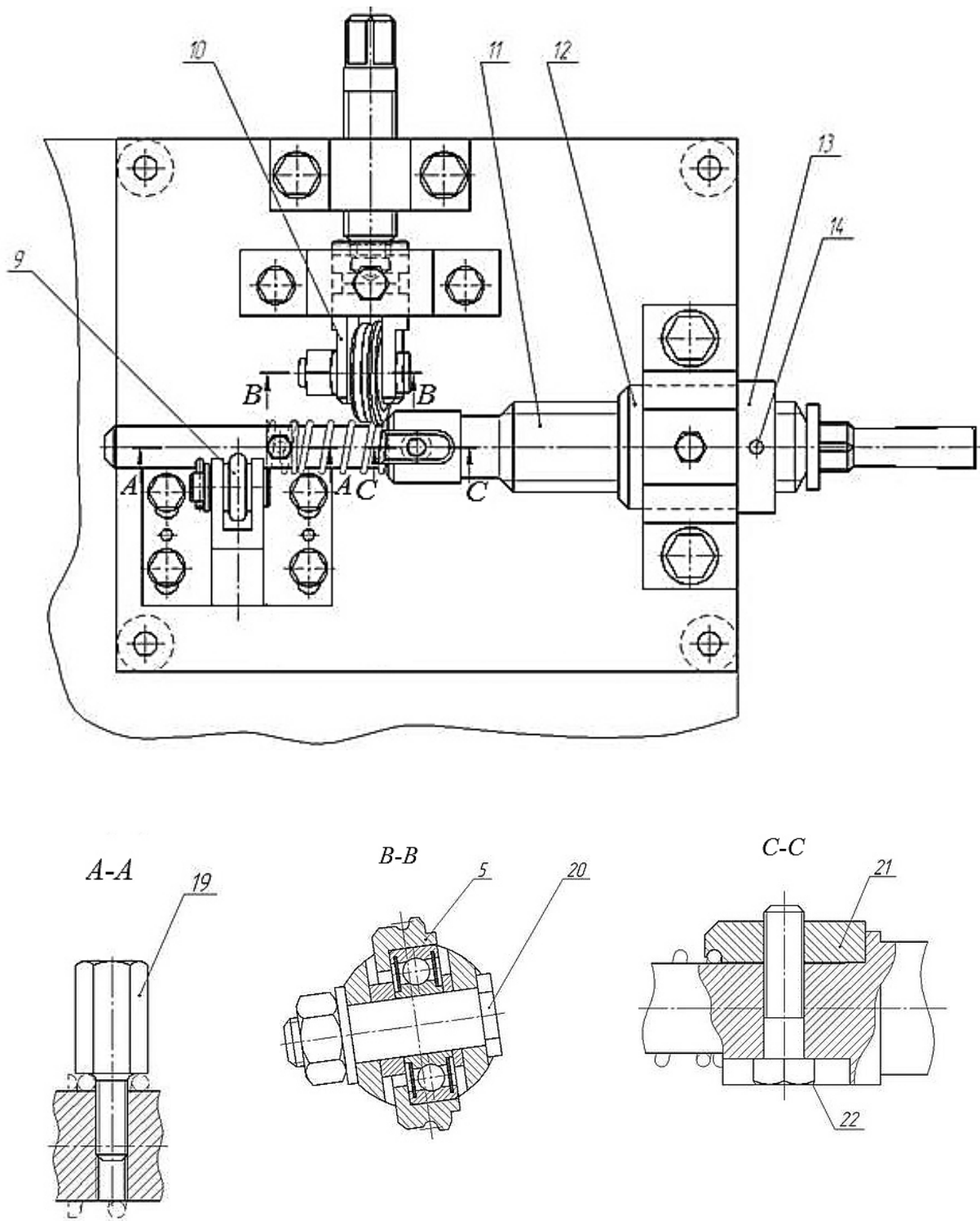


Рисунок 8. Вид нового устройства в плане
Источник: разработано авторами на основе [14]

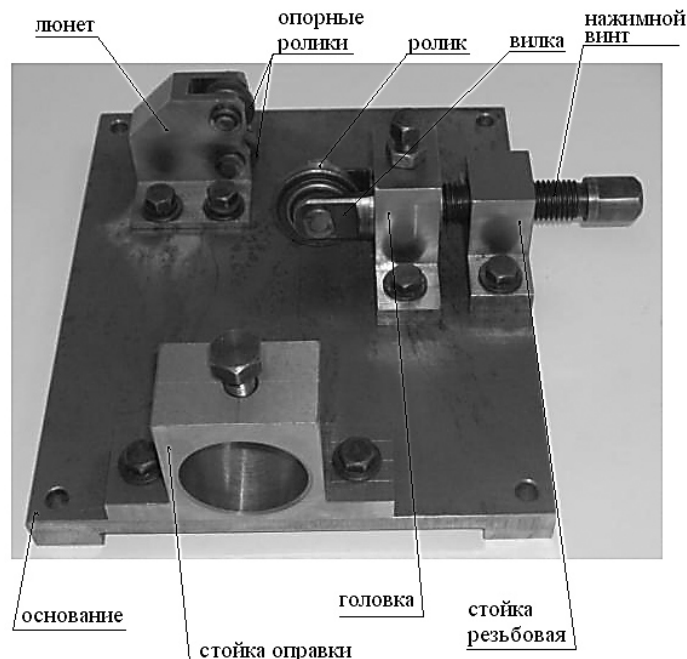


Рисунок 9. Основание устройства для растяжения пружины в сборе
Источник: разработано авторами [14]



Рисунок 10. Резьбовая оправка с гайкой и упорным кольцом в сборе
Источник: разработано авторами [14]

С целью испытания устройства растянуто десять клапанных пружин, прошедших испытания на полный ресурс, в следующей последовательности: Внутренняя пружина клапана двигателя автомобиля семейства ВАЗ растянута в следующей последовательности.

Контроль параметров пружины, закрепление пружины на оправке и нагрев в печи (410 °С, 15 мин.), растягивание нагретой пружины в устройстве, отпуск (410 °С, 30 мин.), охлаждение на воздухе, снятие с оправки, контроль.

По результатам испытаний высота пружин при растяжении увеличена в среднем на 4,9 мм до 45,7 мм. Таким образом, для выполнения последующих

после растягивания технологических операций восстановления силовых и геометрических параметров внутренних пружин клапанов автомобилей ВАЗ [3] обеспечен припуск 6,5 мм.

Известны исследования релаксационной стойкости пружин выдержкой их под нагрузкой [5]. Пружины в сжатом виде хранят при температуре 20 °С и с определенной периодичностью измеряют их силовые и геометрические параметры. Затем строят график зависимости параметров от времени. Недостатком испытаний является их значительная продолжительность, которая в зависимости от целей может составлять более 20 лет.

В целях создания участка по восстановлению

пружины на авторемонтном производстве разработаны и испытаны три варианта технологии восстановления пружин с применением предложенного устройства. В работе [3] представлены результаты ускоренных испытаний на выносливость циклическим нагрузкам в размере 6×10^6 и $10,5 \times 10^6$ циклов внутренних клапанных пружин ДВС автомобиля ВАЗ, восстановленных по 3 вариантам технологий,

что позволяет при использовании стенов резонансного типа (СБН 0121 – производства АО «БелЗАН» и DV8-S2 – производства «Gejrg Reicherter») сократить их длительность до 3–5 суток. Структурная схема методов исследования представлена на рисунке 11. Экспериментальные исследования выполнены в условиях производства.

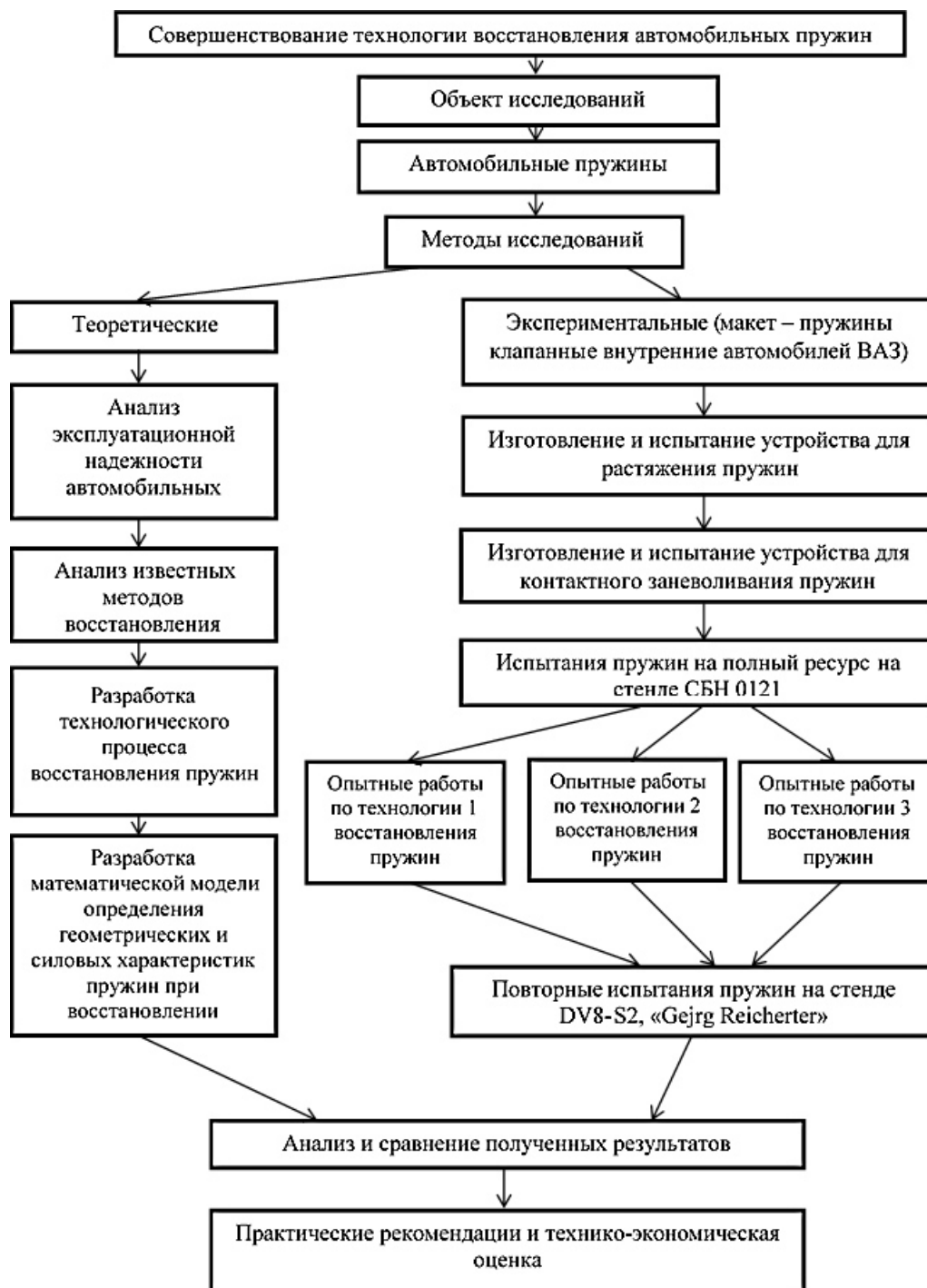


Рисунок 11. Структурная схема методов исследования

Источник: разработано авторами

Анализ микроструктуры и твердости испытанных образцов показал, что глубина дефектов поверхности не превышает 0,01 мм (рисунок 12).

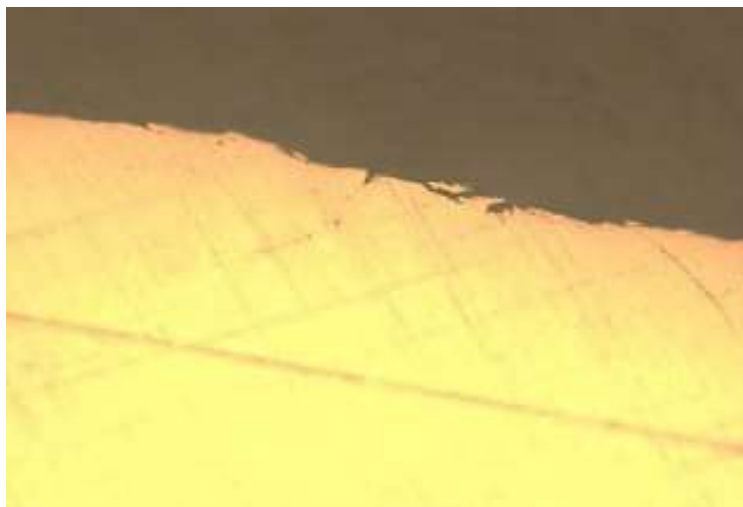


Рисунок 12. Дефекты в продольном сечении образца при увеличении в 500 раз
Источник: разработано авторами

Ресурс восстановленных пружин при форсированных испытаниях оказался не менее $10,5 \times 10^6$ циклов при максимально допустимых 6×10^6 циклов, т.е. не менее чем у новых пружин [3].

Результаты исследования

Модернизировано устройство для восстановления пружин. Экспериментально доказана его эффективность и возможность применения в авторемонтных предприятиях.

Заключение

Практическая значимость устройства заключается

в возможности внедрения его в технологические процессы восстановления различных винтовых цилиндрических пружин автотранспортных средств, в том числе дорогостоящих пружин подвески.

Направлениями дальнейших исследований являются совершенствование технологий восстановления пружин, устанавливаемых на агрегаты и узлы автомобильного транспорта (таких как подвеска, газораспределительный механизм, тормозная система грузовых автомобилей и т.п.) и разработка конструкторской документации на устройства усовершенствованной конструкции для различных типов пружин.

Литература

1. Агеев Е. В., Серебровский В. И. Разработка и исследование технологии восстановления и упрочнения изношенных деталей машин композиционными гальваническими покрытиями с применением в качестве упрочняющей фазы вольфрамсодержащих электроэрозионных порошков микро- и нанодисперсий // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2021. – Т. 11. – № 2. – С. 42–66.
2. Белков Е. Г. Технология изготовления и упрочнения пружин. – Челябинск: Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 2013. – 168 с.
3. Землянушов Н. А., Землянушнова Н. Ю. К теоретическому обоснованию восстановления автомобильных пружин из упрочненной проволоки // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2018. – № 5. – С. 68–79. DOI: 10.25198/2077-7175-2018-5-68.
4. Землянушнова Н. Ю., Тебенко Ю. М., Землянушов Н. А. Восстановление винтовых цилиндрических пружин сжатия – Ставрополь: Издательство «АГРУС», 2012. – 88 с.
5. Исследование релаксационной стойкости винтовых цилиндрических пружин при длительной выдержке под нагрузкой / В. П. Белогур [и др.] // Обработка металлов давлением. – 2014. – № 3 (81). – С. 30–35.
6. Катаргин В. Н., Писарев И. С., Хмельницкий С. В. Анализ применимости и целесообразности восстановительного ремонта агрегатов автомобилей в современных условиях // Грузовик. – 2013. – № 6. – С. 20–23.
7. Котомчин А. Н., Синельников А. Ф. Усовершенствование холодного саморегулирующегося элек-

тролита хромирования при упрочнении и восстановлении деталей машин // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – № 4(67). – С. 17–24.

8. Лавриненко Ю. А., Белков Е. Г., Фадеев В. В. Упрочнение пружин. – Уфа: Изд. Дом «Бизнес-Партнер», 2002. – 124 с.

9. Лавриненко Ю. А. Разработка технологии изготовления пружины клапана двигателя легкового автомобиля // Заготовительные производства в машиностроении. – 2017. – Т. 15. – № 12. – С. 547–554.

10. Рахштадт А. Г. Пружинные стали и сплавы. – Москва: Металлургия, 1982. – 400 с.

11. Способ восстановления пружин: а. с. 1055574 SU. № 3380595/25-12; заявл. 14.01.82; опубл. 24.11.83, Бюл. № 43. – 4 с.

12. Установка для восстановления упругости пружин: а. с. 740842 SU. № 2549204/22-12; заявл. 28.11.77; опубл. 15.06.80, Бюл. № 22. – 4 с.

13. Устройство для растяжения пружин: пат. 100003 Рос. Федерация. № 2010114400/02; заявл. 13.04.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 34 – 6 с.

14. Устройство для растяжения пружин: пат. 2447963 Рос. Федерация. № 2010140929/02; заявл. 06.10.2010; опубл. 20.04.2012, Бюл. № 11. – 8 с.

15. Kong Y. S. et al. Correlation of Uniaxial and Multiaxial Fatigue Models for Automobile Spring Life Assessment // Experimental Techniques. – 2020. Vol. 44(2), pp. 197–215. DOI: 10.1007/s40799-019-00344-w.

16. Manouchehrynia R., Abdullah S., Singh S. S. K. Fatigue reliability assessment of an automobile coil spring under random strain loads using probabilistic technique // Metals. – 2020. Vol. 10(1), 12, DOI: 10.3390/met10010012.

17. Manouchehrynia R., Abdullah S., Singh S. S. K. Fatigue-based reliability in assessing the failure of an automobile coil spring under random vibration loadings // Engineering Failure Analysis. – 2022. Vol. 131, 105808. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2021.105808.

18. Putra T. E. et al. Analysis of surface failure of coil spring in passenger vehicle suspension system, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 523 (2019) 012072. DOI: 10.1088/1757-899X/523/1/012072.

19. Putra T. E. et al. Numerical analysis of the stress leading to fatigue failure on a coil spring of the front suspension of a car // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. Vol. 523 (1), 012066. DOI: 10.1088/1757-899X/523/1/012066.

20. Risalit E. et al. Multibody model based estimation of multiple loads and strain field on a vehicle suspension system // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2019. Vol. 123, pp. 1–25. DOI: 10.1016/j.ymssp.2018.12.024.

21. Sreenivasan M. et al. Finite element analysis of coil spring of a motorcycle suspension system using different fibre materials // Materials Today: Proceedings. – 2020. Vol. 33, pp. 275–279. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.04.051.

References

1. Ageev, E. V., Serebrovskii, V. I. (2021) [Development and research of technology for restoration and strengthening of worn machine parts by composite electroplating coatings using micro – and nanofractions containing tungsten-containing electroerosive powders as the strengthening phase]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii* [Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technologies]. Vol. 11(2), pp. 42–66. (In Russ.).

2. Belkov, E. G. (2013) *Tekhnologiiia izgotovleniia i uprochneniia pruzhin* [Technology of manufacturing and hardening of springs]. Chelyabinsk: South Ural State University (National Research University), 168 p.

3. Zemlyanushnov, N. A., Zemlyanushnova, N. Y. (2018) [Theoretical background of the technology of automobilesprings from hardened spring wire recovering]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 5, pp. 68–79. DOI: 10.25198/2077-7175-2018-5-68. (In Russ.).

4. Zemlyanushnova, N. Y., Tebenko Y. M., Zemlyanushnov, N. A. (2012) *Vosstanovlenie vintovykh cilindricheskikh pruzhin szhatiya* [Recovering of helical cylindrical compression springs]. Stavropol: Publishing House «AGRUS», 88 p.

5. Belogur, V. P., Voroshilin, V. V., Danilin, G. A. et al. (2014) [Investigation of relaxation resistance helical coil springs slow load]. *Metallobrabotka* [Metallworking]. Vol. 3(81), pp. 30–35. (In Russ.).

6. Katargin, V. N., Pisarev, I. S., Khmel'nitskii, S. V. (2013) [The analysis of applicability and expediency of recovery repair of units of cars in modern conditions]. *Gruzovik* [Truck]. Vol. 6, pp. 20–23. (In Russ.).

7. Kotomchin, A. N., Sinelnikov, A. F. (2019) [Improvement of cold self-regulating electrolyte chrome plating in the hardening and restoration of machine parts]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin* [World of transport and technological machines]. Vol. 4(67), pp. 17–24. (In Russ.).

8. Lavrinenko, Y. A., Belkov, E. G. (2002) *Uprochnenie pruzhin* [Springs hardening]. Ufa: Publishing House «Business Partner», 124 p.

9. Lavrinenko, Y. A. (2017) [Development of manufacturing technology of valve spring of motor car engine]. *Zagotovitelnye proizvodstva v mashinostroenii* [Procurement production in mechanical engineering]. Vol. 15(12), pp. 547–554. (In Russ.).
10. Rakhshadt, A. G. (1982) *Pruzhinnye stali i splavy* [Spring steels and alloys]. Moscow: Metallurgy, 400 p.
11. Spring recovery method: author's certificate 1055574 SU № 3380595/25-12; announced on 14.01.1982; published on 24.11.1983, Bulletin No. 43, 4 p.
12. Installation for restoring spring elasticity: author's certificate 740842 SU № 2549204/22-12; announced on 28.11.1977; published on 15.06.1980, Bulletin No. 22, 4 p.
13. Spring stretching device: patent 100003 RU № 2010114400/02; announced on 13.04.2010; published on 10.12.2010, Bulletin No. 34, 6 p.
14. Spring stretching device: patent 2447963 RU № 2010140929/02; announced on 06.10.2010; published on 20.04.2012, Bulletin No. 11, 8 p.
15. Kong, Y. S. et al. (2020) Correlation of Uniaxial and Multiaxial Fatigue Models for Automobile Spring Life Assessment. *Experimental Techniques*. Vol. 44(2), pp. 197–215. DOI: 10.1007/s40799-019-00344-w. (In Engl.).
16. Manouchehrynia, R., Abdullah, S., Singh, S. S. K. (2020) Fatigue reliability assessment of an automobile coil spring under random strain loads using probabilistic technique. *Metals*. Vol. 10(1), 12. DOI: 10.3390/met10010012. (In Engl.).
17. Manouchehrynia, R., Abdullah, S., Singh, S. S. K. (2022) Fatigue-based reliability in assessing the failure of an automobile coil spring under random vibration loadings. *Engineering Failure Analysis*. Vol. 131, 105808. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2021.105808. (In Engl.).
18. Putra, T. E. et al. (2019) Analysis of surface failure of coil spring in passenger vehicle suspension system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 523 (1), 012072. DOI: 10.1088/1757-899X/523/1/012072. (In Engl.).
19. Putra, T. E. et al. (2019) Numerical analysis of the stress leading to fatigue failure on a coil spring of the front suspension of a car. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 523 (1), 012066. DOI: 10.1088/1757-899X/523/1/012066. (In Engl.).
20. Risalit, E. et al. (2019) Multibody model based estimation of multiple loads and strain field on a vehicle suspension system. *Mechanical Systems and Signal Processing*. Vol. 123, pp. 1–25. DOI: 10.1016/j.ymssp.2018.12.024. (In Engl.).
21. Sreenivasan, M. et al. (2020) Finite element analysis of coil spring of a motorcycle suspension system using different fibre materials. *Materials Today: Proceedings*. Vol. 33, pp. 275–279. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.04.051. (In Engl.).

Информация об авторах:

Никита Андреевич Землянушов, старший преподаватель кафедры технологии машиностроения и технологического оборудования, инженер кафедры технической эксплуатации автомобилей, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

ORCID ID: 0000-0001-5408-4367, **Web of Science Researcher ID:** AAF-6510-2019, **Scopus Author ID:** 57190684439

e-mail: nikita3535@mail.ru

Надежда Юрьевна Землянушнова, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии машиностроения и технологического оборудования, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

Scopus Author ID: 6504564010

e-mail: zemlyanushnova@rambler.ru

Вклад соавторов:

Землянушов Н. А. – обоснование необходимости модернизации и испытания устройства для восстановления пружин, обзор и выявление недостатков известных устройств, разработка принципиальной схемы, конструкции и принципа работы предложенного устройства, проведение работ по изготовлению разработанного устройства, проведение испытаний устройства, формирование структурной схемы методов исследования совершенствования технологии восстановления автомобильных пружин, написание статьи.

Землянушнова Н. Ю. – научное консультирование проведения работ по изготовлению разработанного устройства для восстановления пружин и по методологии проведения его испытаний на производственных базах АО «БелЗАН», контроль корректности полученных результатов, корректировка стиля изложения и научная редакция статьи.

Статья поступила в редакцию: 27.01.2022; принята в печать: 18.04.2022.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Nikita Andreevich Zemlyanushnov, senior lecturer of the department of Machinery Building Technology and Technological Equipment, engineer of the department of Technical Operation of Automobiles, North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

ORCID ID: 0000-0001-5408-4367, **Web of Science Researcher ID:** AAF-6510-2019, **Scopus Author ID:** 57190684439

e-mail: nikita3535@mail.ru

Nadezhda Yurievna Zemlyanushnova, Candidate of technical sciences, Associate Professor, Head of the department of Machinery Building Technology and Technological Equipment, North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

Scopus Author ID: 6504564010

e-mail: zemlyanushnova@rambler.ru

Contribution of the authors:

Zemlyanushnov N. A. – justification of the need for modernization and testing of the spring recovery device, review and identification of shortcomings of known devices, development of a schematic diagram, design and principle of operation of proposed the device, carrying out work on manufacture of developed the device, conducting device tests, formation of a block diagram of research methods for improving the technology of restoring automobile springs, writing an article.

Zemlyanushnova N. Yu. – scientific consulting of the work on manufacture of developed the device for restoration of springs, scientific consulting on the methodology of the device testing at the production bases of joint-stock company «Belebeevsky Plant Avtonormal», control of the correctness of results obtained, correction of presentation style and scientific revision of the article.

The paper was submitted: 27.01.2022.

Accepted for publication: 18.04.2022.

The authors have read and approved the final manuscript.