

# Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки

Ежемесячный научный журнал  
№ 3 (96)/2022 Том 1

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**Макаровский Денис Анатольевич**

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

• **Штерензон Вера Анатольевна**

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

• **Синьковский Антон Владимирович**

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

• **Штерензон Владимир Александрович**

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

• **Зыков Сергей Арленович**

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

• **Дронсейко Виталий Витальевич**

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович  
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:  
198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая, д. 44, к. 1, литера А  
E-mail: [info@euroasia-science.ru](mailto:info@euroasia-science.ru) ;  
[www.euroasia-science.ru](http://www.euroasia-science.ru)

Учредитель и издатель ООО «Логика+»  
Тираж 1000 экз.

# СОДЕРЖАНИЕ

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Крукович М.Г., Федотова А.Д.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СТАЛИ 20 ПОСЛЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ГАЗОБАРИЧЕСКОГО АЗОТИРОВАНИЯ.....3	<i>Евграфов В.А., Абенев А.Т.</i> ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ .....18
<i>Тойгамбаев С.К., Абенев А.Т., Буканов Е.С.</i> ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ МОЕЧНОГО УЧАСТКА.....7	<i>Горностаев В.И., Абенев А.Т.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО РЕМОНТУ АВТОМОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ .....22
<i>Тойгамбаев С.К., Абенев А.Т.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ ПРИ РЕМОНТЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН .....12	

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Rudensky A.V.</i> NEW THEORY OF GRAVITATION. ENERGY CONCEPT 26
--

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.785.53

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СТАЛИ 20 ПОСЛЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ГАЗОБАРИЧЕСКОГО АЗОТИРОВАНИЯ

*Крукович М.Г., Федотова А.Д.**Российский университет транспорта (МИИТ),  
Российская федерация, Москва*

## STUDYING THE PROPERTIES OF STEEL 20 AFTER LOW-TEMPERATURE GAS-BARIC NITRIDING

*Krukovich M.G., Fedotova A.D.**Russian University of Transport (MIIT),  
Russian Federation, Moscow*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2022.1.96.1631

### АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрен мало исследованный процесс низкотемпературного газобарического азотирования в закрытых контейнерах без применения аммиака. Процесс обработки является экологичным и энергосберегающим. На примере стали 20 показана эффективность обработки низкоуглеродистых и низколегированных сталей феррито-перлитного класса. Получаемые слои на основе  $\alpha$ -твердого раствора имеют большую скорость роста, чем при других низкотемпературных газовых процессах азотирования. Исследована кинетика процесса обработки и износостойкость получаемых слоев на машине типа Шкоды-Савина. Повышение твердости азотированных образцов (в 3 – 4 раза), износостойкости (в 4 – 9 раз) в сочетании с образованием на поверхности сжимающих остаточных напряжений обеспечит и повышение работоспособности обработанных деталей.

### ABSTRACT

The paper considers a little studied process of low-temperature gas-baric nitriding in closed containers without the use of ammonia. The processing process is environmentally friendly and energy-saving. The example of steel 20 shows the efficiency of processing low-carbon and low-alloy steels of the ferrite-pearlitic class. The resulting layers based on  $\alpha$ -solid solution have a higher growth rate than in other of low-temperature gas nitriding processes. The kinetics of the processing process and the wear resistance of the resulting layers were studied on a Skoda-Savina type machine. An increase in the hardness of nitrided specimens (by 3–4 times), wear resistance (by 4–9 times), combined with the formation of compressive residual stresses on the surface, will also increase the performance of machined parts.

**Ключевые слова:** азотирование, низкоуглеродистые стали, низкотемпературный газобарический процесс, контейнеры,  $\alpha$ -твердый раствор азота, нитриды, твердость, износостойкость, сжимающие напряжения.

**Key words:** nitriding, low-carbon steels, gas-baric process of low-temperature, containers,  $\alpha$ -solid solution of nitrogen, nitrides, hardness, wear resistance, compressive stresses.

### Введение

Значительный практический интерес представляет применение азотирования для низкоуглеродистых и низколегированных сталей феррито-перлитного класса, которое в литературе освещено недостаточно. В то же время большая номенклатура деталей изготавливается из этой группы сталей: втулки, направляющие, шайбы, шатуны, детали водяных насосов, переключатели скоростей, корпуса, оси, детали автосцепного устройства подвижного состава и т.д. При этом замена сталей на более дорогие среднеуглеродистые и легированные стали с целью повышения эксплуатационных свойств по экономическим, технологическим и эксплуатационным требованиям работы узлов машин нецелесообразна.

В настоящее время процесс азотирования по температуре проведения, в соответствии с

существующими классификациями [1 - 4] разделен на низкотемпературное ( $T < 590$  °C), среднетемпературное ( $590 - 727$  °C) и высокотемпературное ( $T > 727$  °C). Наибольшее применение находит низкотемпературное азотирование для обработки средне- и высокоуглеродистых конструкционных и инструментальных сталей и чугунов с целью придания высокой твердости, износостойкости, контактной выносливости и коррозионной стойкости. К менее традиционным материалам, применяемым при азотировании, следует отнести недорогие и недефицитные низкоуглеродистые и низколегированные стали феррито-перлитного класса марок: сталь 10, 15, 20, 10X, 15X, 15XH, 20Г, 20ГФЛ, 09Г2С и др. Как правило их используют в нормализованном или отожженном состоянии. В то же время детали, изготавливаемые из этой группы сталей требуют повышения своих

эксплуатационных характеристик: твердости, износостойкости, усталостной прочности и т.п.

Поэтому целью настоящей работы является исследование азотирования сталей феррито-перлитного класса (на примере стали 20) низкотемпературным газобарическим способом, а также исследование свойств получаемых слоев.

#### Методы и принципы исследования

Известен процесс высокотемпературного газобарического азотирования высоколегированных сталей 16X2H3MФБАЮ-Ш (мартенситный класс), 12X18H10T (аустенитный класс) и технического железа при температурах 950 – 1150 °С с выдержкой 3 ч, а также после дополнительной термической обработки — отпуска при 300 – 600 °С в течение 1 ч [5]. В то же время применение высокотемпературного газобарического процесса с использованием аммиака для феррито-перлитного класса сталей является нецелесообразным, так как значительно ухудшаются механические характеристики объема детали.

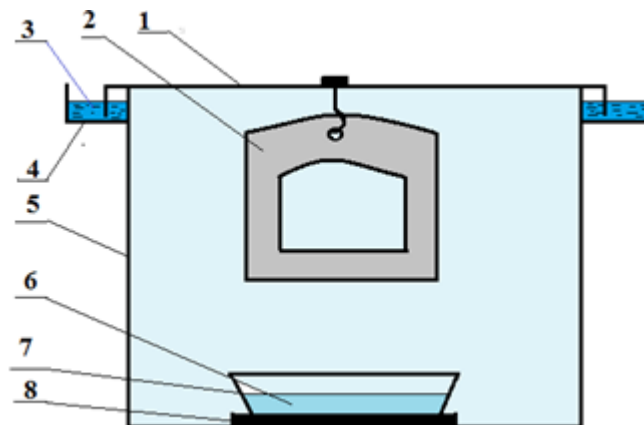
Процесс низкотемпературного газобарического азотирования проводился в контейнерах с плавким затвором [6]. Газовая насыщающая среда в объеме контейнера образовывалась в результате диссоциации карбамида. Использование широко применяемого аммиака не предусматривалось. Плавкий затвор

препятствовал выходу насыщающей атмосферы из объема контейнера и проникновению воздуха из внешней среды. В состав плавкого затвора входили борный ангидрид ( $B_2O_3$ ) и кварцевый песок ( $SiO_2$ ) в соотношении 30/70.

Контейнеры изготавливались из листовой стали марки Ст3, толщиной 3 мм, путем сварки (Рис. 1). Герметичность сварных швов проверялась заполнением объема керосином. Для многократного использования контейнеров целесообразно листовые заготовки подвергать силицированию в жидких, порошковых или газовых средах, а также из образцов [3, 7 - 9].

Образцы для исследования изготавливались из качественной стали 20, химический состав которой соответствовал ГОСТ 1050-2013.

Металлографический анализ азотированных образцов проводили на микроскопе МИМ-7 и на оптическом микроскопе РМЕ-3 "OLYMPUS", снабженном цифровой видеокамерой, с использованием анализатора изображения IA-3001 фирмы "LECO". Измерение твердости проводили на приборе ПМТ-3 при нагрузках 10 и 20 г. Полученные значения микротвердости соответствовали значениям твердости МИКРО-ВИККЕРСА (ГОСТ Р 1.0-2004). За толщину азотированного слоя принималось расстояние от поверхности до точки выравнивания твердости слоя и сердцевины.



1 – крышка; 2 – обрабатываемая деталь; 3 – плавкий затвор; 4 – буртик для плавкого затвора; 5 – корпус контейнера; 6 – газообразующая смесь; 7 – тигель для солевой составляющей; 8 – подставка.  
Рис. 1 – Контейнер для газобарического азотирования.

Исследование износостойкости проводили на машине типа Шкоды-Савина. Контртелом служил твердосплавный диск из сплава марки ВКб. Влияние скорости скольжения диска на объем образующейся лунки ( $мм^3$ ) на исследованных образцах определялось при нагрузке 2 кгс и пути трения, равном 200 м.

#### Анализ и результаты исследования

Важным аспектом повышения работоспособности деталей массового использования (направляющих, шайб, втулок, осей, шатунов, деталей водяных насосов, переключателей скоростей, корпусов, и т.п.) является не только повышение твердости и износостойкости, но и образование на

поверхностях напряжений сжатия после азотирования.

К перечисленным выше деталям, которые требуют повышения работоспособности, следует добавить:

- изношенные детали, размеры которых восстановлены сварочными технологиями или гальваническим железнением;
- детали с дискретными упрочняющими сварными валиками;
- фильтры (решетки) для очистки жидкостей от вредных примесей.

Для восстановления размеров изношенных деталей, изготовленных из низколегированных и низкоуглеродистых сталей, используют такие же

или близкие по химическому составу электроды. При этом в наплавленных слоях образуются после охлаждения остаточные напряжения растяжения, которые значительно снижают ресурс работы этих деталей. Поэтому применение азотирования для устранения дефектов сварочных технологий весьма целесообразно с позиции формирования остаточных напряжений сжатия, которые повышают работоспособность восстановленных деталей иногда до уровня вновь изготовленных.

В условиях ремонтного и других видов производств весьма рентабельной технологией является низкотемпературное газобарическое азотирование в закрытых контейнерах бесконтактным способом (Рис. 1). Газовая насыщающая атмосфера внутри контейнера образуется при диссоциации солевой составляющей (например, карбамида), отдельно

расположенной от деталей внутри контейнера в специальной емкости. При контактном способе детали в контейнере упаковывают вместе с порошковой насыщающей смесью, а массоперенос протекает также через газовую среду, которая образуется в результате взаимодействия компонентов смеси. Эти процессы нашли отражение в классификационной схеме процесса азотирования [4] и описаны в литературе [10].

Азотированные слои, получаемые при низкотемпературном газобарическом азотировании в силицированных контейнерах, на низкоуглеродистых сталях состоят в основном из  $\alpha$  – твердого раствора при небольшой толщине слоя нитридов ( $\sim 3 - 5$  мкм). Следует заметить, что малая толщина слоя нитридов не препятствует максимальной скорости роста  $\alpha$  – фазы (Рис. 2).

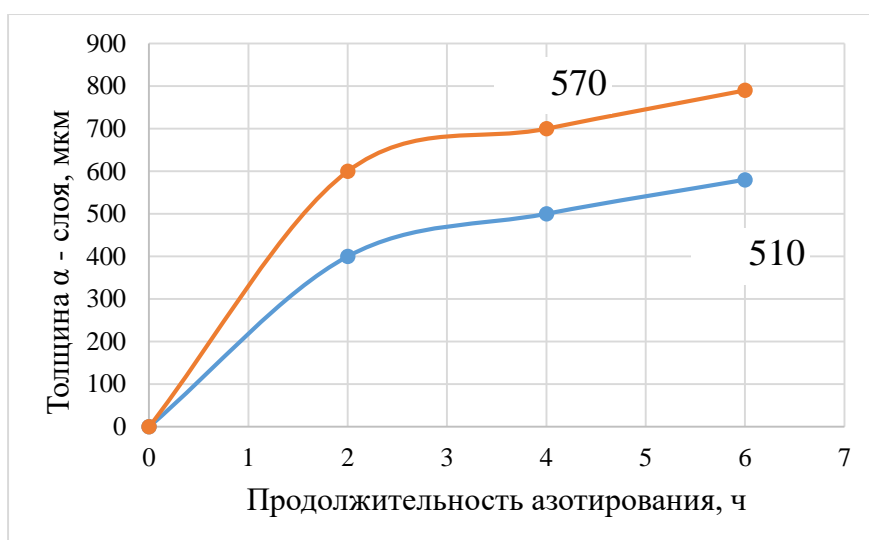


Рис. 2 – Влияние продолжительности азотирования на толщину слоя стали 20 при расходе карбамида  $0,075$  г/см<sup>3</sup> в закрытом контейнере.

Повышение содержания карбамида в контейнере сопровождается снижением скорости образования на обрабатываемой поверхности слоя нитридов, толщиной более 10 мкм (Рис. 3). рост  $\alpha$  – фазы, что связано с быстрым

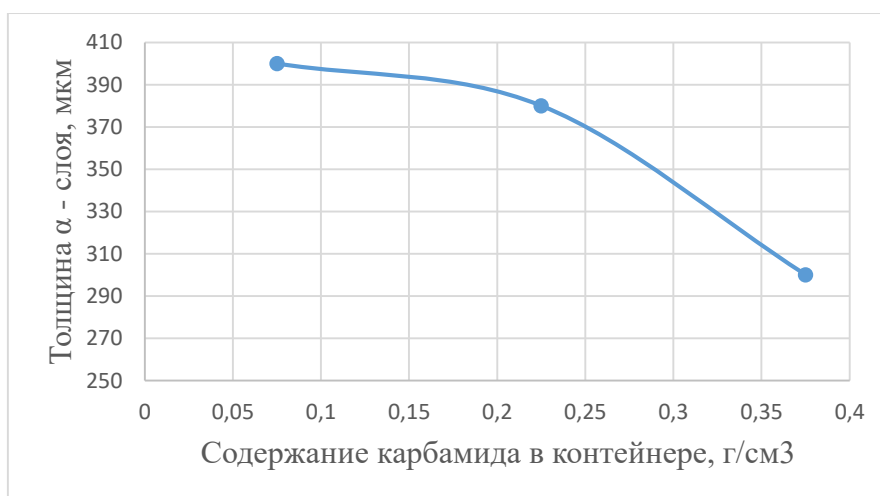


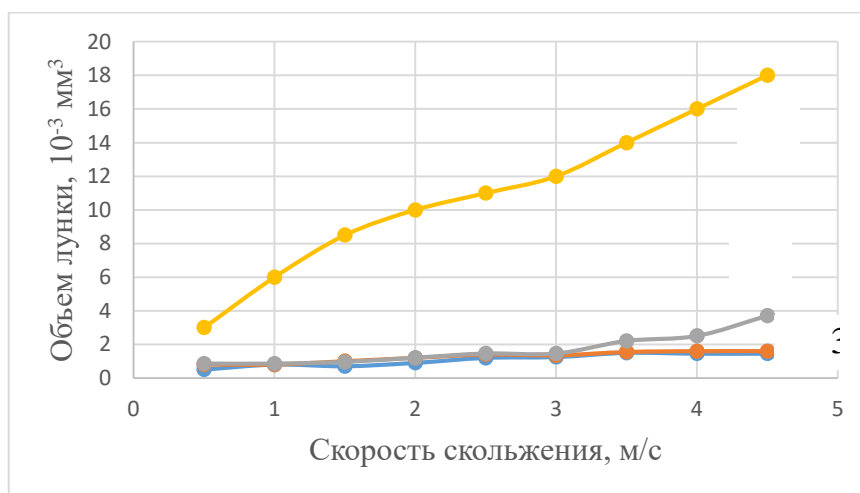
Рис. 3 – Влияние содержания карбамида в контейнере на толщину  $\alpha$  – твердого раствора ( $510$  °C, 2 ч).

Установленный факт торможения роста  $\alpha$  – твердого раствора слоем нитридов определенной толщины (более 7 мкм) хорошо согласуется с литературными данными [2, 4, 6, 11]. Слои на основе  $\alpha$  – твердого раствора получают и при высокоэффективном ионном азотировании в аммиачной среде при определенных значениях давления, электрических параметров и степени разбавления аммиака, которые обеспечивают максимальный рост  $\alpha$  – фазы при минимальной толщине слоя нитридов (до 7 мкм) [12, 13].

Измерение твердости в начале  $\alpha$  – твердого раствора азотированного слоя показало, что с увеличением времени обработки от 1 до 6 ч она увеличивается от 220 до 400 HV, при этом по толщине слоя она плавно снижается до твердости сердцевины (110 HV).

Сравнительные исследования износостойкости слоев на основе  $\alpha$  – твердого раствора, полученных при ионном азотировании

(510 °С, 5 ч, 10 %  $\text{NH}_3$ , сталь 40X) и при низкотемпературном газобарическом азотировании (510 °С, 3 ч, расход карбамида 0,075 г/см<sup>3</sup>, сталь 20), проведенное на машине типа Шкоды – Савина, показали высокие результаты по отношению к необработанным поверхностям стали 20 (Рис. 4). Присутствие нитридной зоны на поверхности образцов практически не влияет на износостойкость слоев до скоростей трения, равных 3 м/с, а с увеличением скорости скольжения вносит существенный вклад в сохранение уровня износостойкости (Рис. 4, кривые 3 и 4). Эффект сохранения износостойкости обусловлен препятствием слоя нитридов адгезионному взаимодействию пары трения. Испытания азотированных слоев со снятым слоем нитридов при скоростях скольжения больших 3 м/с приводит к явлениям схватывания отдельных участков поверхностей пары трения и к незначительному снижению износостойкости (Рис. 4, кривая 2).



1 – сталь 20 после отжига; 2 – азотированный слой стали 20 после газобарического процесса со снятой нитридной зоной (только  $\alpha$  – твердый раствор); 3 – азотированный слой стали 20 после газобарического процесса с наличием слоя нитридов, толщиной 3 мкм;  
4 – азотированный слой стали 40X после ионного процесса;

Рис. 4 - Влияние скорости скольжения на износостойкость азотированных слоев:

Принимая во внимание одновременное повышение твердости азотированных деталей (в 3 – 4 раза), износостойкости (в 4 – 9 раз) в сочетании с образованием на поверхности сжимающих остаточных напряжений, следует ожидать и существенного повышения их работоспособности в реальных условиях эксплуатации.

#### Заключение

Проведенное исследование феррито-перлитной стали 20 показало обоснованную возможность и целесообразность азотирования деталей, изготовленных из низкоуглеродистых и низколегированных сталей феррито-перлитного класса в низкотемпературном интервале 510 – 570 °С.

Рассмотренная технология низкотемпературного газобарического азотирования в закрытых контейнерах без использования аммиака, обеспечивающая достаточно высокую скорость образования слоев

на основе  $\alpha$  – твердого раствора, может быть использована для упрочнения как вновь изготовленных деталей, так и изношенных и восстановленных сварочными технологиями. Рекомендуемый расход карбамида в объеме контейнера составляет 0,05 – 0,2 г/см<sup>3</sup>. Повышение твердости, рассмотренной стали 20, доходит до 400 HV. Для восстановленных деталей дополнительное важным фактором является устранение сварочных растягивающих остаточных напряжений. Образующиеся сжимающие остаточные напряжения в сочетании с повышенной твердостью (повышение в 3 – 4 раза) и износостойкостью (повышение в 4 – 9 раз) обеспечат и повышение усталостной прочности и работоспособности азотируемым деталям. При этом примененный низкотемпературный газобарический процесс азотирования в закрытых контейнерах без использования аммиака

отличается от традиционных низкотемпературных газовых процессов кратковременностью обработки (2 – 4 ч), экологичностью, низкой энергопотребляемостью и не требует для своего проведения дорогого и сложного оборудования.

#### Список использованной литературы

1. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Азотирование стали. – М: Машиностроение, 1976. – 256 с.
2. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д., Шпис Г.-Й., Бемер З. Теория и технология азотирования. – М.: Металлургия, 1991, –320 с.
3. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. / Справочник под редакцией проф. Л.С. Ляховича. – М.: Металлургия, 1981. – 424 с.
4. Крукович М.Г. Моделирование процесса азотирования // МиТОМ. - 2004, № 1. С. 21 – 25.
5. Герасимов С.А., Голиков В.А., Гресс М.А., Мухин Г.Г., Сноп В.И. Газобарическое азотирование сталей // МиТОМ, 2002, № 6. С. 7 – 9.
6. Федотова А.Д., Крукович М.Г. Прединформационный расчет толщины фаз азотированных слоев. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – №12-1 (114). – С.108-113.  
doi.org/10.23670/IRJ.2021.114.12.016.
7. Ляхович Л.С., Ворошнин Л.Г., Щербаков Э.П., Панич Г.Г. Силицирование металлов и сплавов. – Мн.: Наука и техника, 1972, 277 с.
8. А. с. 522280 СССР, МПК С 23 С 9/10. Состав среды для цирконосилицирования / Ляхович Л.С., Крукович М.Г., Туров Ю.В., Наумчик А.А., Левитан С.Н. (СССР). 2079143/01; заявлено 26.11.74; оубл.25.07.76, Бюл.№ 27.
9. Крукович М.Г., Федотова А.Д. Пути повышения жаростойкости силицированных слоев // Международный научно-исследовательский журнал. № 1(91). 2020. Часть 1. С. 18 – 21. DOI: 10.18454/IRJ.2227-6017.
10. Крукович М.Г., Федотова А.Д. Азотирование легированных сталей в твердых средах // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2021, Вып. 33, С. 33 - 37
11. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. – М.: Металлургия, 1985, 256 с.
12. Ratajski J. Model of growth kinetics of nitride layers in the binary Fe – N system.//Nitriding technology. Proceedings the 9<sup>th</sup> international seminar. Warsaw, Poland 2003. P. 149-159.
13. Арзамасов Б.Н., Братухин А.Г., Елисеев Ю.С., Панайоти Т.А. Ионная химико-термическая обработка сплавов. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999, 400 с.

---

### ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ МОЕЧНОГО УЧАСТКА

---

**Тойгамбаев С.К.,**

*к.т.н., профессор кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязев.*

**Абенев А.Т.**

*аспирант кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства. Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева.*

**Буканов Е.С.**

*аспирант кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязев.*

**S. K. Toigambayev,**

*Professor of the Department of Technical Operation of Technological Machines and Equipment of Environmental Management, K. A. Timiryazev Russian State Agrarian University – MSHA.*

**Abenov A.T.**

*postgraduate student of the Department of Technical Operation of Technological machines and Equipment of Environmental Management. Russian State Agrarian University of the Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev.*

**Bukanov E. S.**

*postgraduate student of the Department of Technical Operation of Technological Machines and Equipment of Environmental Management, FSUE IN RGAU – MSHA named after K.A.Timiryazev.*

### АННОТАЦИЯ

В статье представлены экономические расчеты применения модернизации моечной щеточной установки. Экономические расчеты показывают снижение себестоимости работ по сравнению со старой технологией, уменьшение времени выполнения операции по мойке машин.

**Ключевые слова:** мойка; стоимость; затраты; оплата труда; расчет.

*Сущность разработки:* внедрение более прогрессивной технологии мойки машин. Преимущества предлагаемого экономического решения:

1. Экономические: - снижение стоимости по сравнению со старой технологией  
- рост прибыли.

2. Технические: - увеличение скорости выполнения операций.

3. Экологические: - уменьшение количества сточных вод.

4. Социальные: - улучшение условий труда рабочих

Таблица 1.

Исходные данные для расчета.

№ п/п	Показатели	Единицы измерения	Варианты	
			Базовый	Новый
1	Площадь, занимаемая машиной	м <sup>2</sup>	27	22
2	Стоимость производственных фондов	тыс.руб.	1312,0	1271,54
3	Стоимость оборудования	тыс.руб.	891,0	754,5
4	Количество производственных рабочих	человек	1	1
6	Производительность установки для очистки	м <sup>2</sup> /час	80	80
8	Расход воды	м <sup>3</sup> /час	1,38	0,396

*Определение производственной площади участка мойки.* В результате проведенных расчетов по определению площади специализированного участка мойки составила 36 м<sup>2</sup>.

1. Определение основных средств специализированного участка.

Основные средства специализированного участка мойки определяется из выражения:

$$C_0 = C_{зд} + C_{об} + C_{и.п} + C_{и}, \quad (1)$$

где  $C_{зд}$  – стоимость помещения участка, руб.,  $C_{об}$  – стоимость оборудования, руб.,  $C_{и.п}$  – стоимость инструмента и приспособления, руб.,  $C_{и}$  – стоимость инвентаря, руб.

Стоимость основных средств специализированного участка составляет:

$$C_0 = 1271540 \text{ руб.}$$

Для дальнейших расчетов сведем в табл. 2 основные расчетные данные по специализированному участку на основании вышеприведенных расчетов и расчетов по специализированному участку.

*Определение производственной себестоимости наружной очистки машин.*

В общем виде себестоимость (С) услуги можно представить как сумму

следующих затрат, сгруппированному по их экономическому содержанию:

$$C = Z_0 + M_3 + O_c + A_0 + П_p + Н_p, \quad (2)$$

где  $Z_0$  – затраты на оплату труда,  $M_3$  – материальные затраты,  $O_c$  – отчисления на социальные нужды,  $A_0$  – амортизация основных фондов,  $П_p$  – прочие затраты,  $Н_p$  – накладные расходы.

В затраты на оплату труда входят выплаты заработной платы и премии рабочим и специалистам за фактически выполненную работу, а также надбавки и доплаты за совмещение профессий, оплата отпусков. Сумма заработной платы исчисляется исходя из специальных расценок, тарифных ставок и должностных окладов. В материальных затратах отражают стоимость приобретенных со стороны материалов, топлива и энергии всех видов, услуги других организаций. Расходы на социальные нужды включают обязательные отчисления, по установленным законодательством нормам, органам государственного социального страхования, Пенсионного фонда, государственного (муниципального) фонда занятости и медицинского страхования. Расходы на амортизацию основных производственных фондов представляют собой сумму отчислений на полное восстановление производственных фондов, исходя из балансовой стоимости данных фондов и действующих норм. В состав прочих затрат входят налоги, сборы, отчисления в специальные внебюджетные фонды и платежи за нарушение экологии. Накладные расходы – это расходы на организацию и управление производством. В практических расчетах себестоимость работ рассчитывают по двум показателям, приведенным – это:

1. Сумме прямых затрат и 2. Общепроизводственные расходы специализированного участка.

1. Сумму прямых производственных затрат специализированного участка рассчитывают по следующим показателям, отнесенные на единицу продукции: - зарплата производственным рабочим; - начисления на зарплату; - стоимость материалов; - затраты на амортизацию основных фондов



участка; - затраты на электроэнергию, - затраты на воду; - прочие расходы.

А. Заработная плата работникам специализированного участка (по данным бухгалтерии) представлена в таблице 2.

Таблица 2.

## Расчет заработной платы

№	Должность	Кол-во человек	Оклад в месяц, руб	Зарплата, с учетом начислений
1	Директор	1	20000	25240
2	Бухгалтер	1	10000	12620
3	Менеджер	2	5000	6310
4	Оператор автоматической линии	1	8500	10727
5	Работников боксов ручной мойки	4	9000	11358
6	Кассир	1	6500	8203
7	Сторож	2	5000	6310
Итого затраты внутри участка составляют				$Z_{в.у} = 80768$ руб

Начисления на зарплату составляют 26,2% от основной заработной платы рабочих. Зарплата с учетом начислений указана в табл. 2. Бухгалтер-экономист осуществляет бухгалтерскую отчетность и технико-экономическое планирование. Он выполняет расчетные работы, оформляет необходимую документацию. Следит за точностью и своевременностью расчетов с потребителями, поставщиками и органами налогового контроля. Составляет итоговые бюджетные отчеты для предоставления в налоговые органы. Принимает активное участие в планировании в области налоговой и ценовой политики предприятия. Общие затраты внутри участка, отнесенные к себестоимости мойки одной машины составят

Базовая  $80768 / 1300 = 62,3$

Новая  $80768 / 1300 = 62,3$

Б. Стоимость используемых материалов: - моющие средства; - полироли; - губки; - прочие МБП; - фильтры, насадки; - бумага, канцелярские товары.

Из расчета закупки на месяц:  $C_m = 5200$  (по бухгалтерской отчетности)

Стоимость 1 кг абразива, руб. 0,5

Базовая: Для одной мойки необходимо  $0,5 \cdot 4,8 \cdot 0,5 = 1,2$  руб. на одну мойку, таким образом для базового варианта стоимость используемых материалов вырастет на 3120 руб.

затраты на сопутствующие материалы мойки одной машины составят:

Базовая  $5200 / 1300 = 4,0$  руб. + 1,2 руб. = 5,2 руб.

Новая  $5200 / 1300 = 4,0$  руб.

В. Расходы на амортизацию производственных фондов участка.

Амортизационные отчисления на проведение текущего обслуживания и ремонт оборудования и приспособлений по участку составляют % от их стоимости (данные бухгалтерии): Новый - стоимость оборудования - 754500 руб.

- амортизационные отчисления за год - 75450 руб.

Для базового варианта

- стоимость оборудования - 891000 руб.

- амортизационные отчисления за год - 89100 руб.

На нашем комплексе установлена автоматическая линия, производительностью 50 автомашин за смену. Тогда время мытья одной машины составит в среднем 10 минут. Учитывая, что по установленному графику работы рабочих дней в году получается 312, а в месяце - 26, установим годовой объем оказания услуг, которое составит 15 600 (автомашин), а месячный - 600 (автомашин).

2. Амортизационные отчисления на мойку одной машины составят:

Базовый  $891000 / 12 \cdot 1300 = 57,12$  руб.

Новый  $754500 / 12 \cdot 600 = 48,36$  руб.

Амортизационные отчисления на производственное здание участка составляют 5 % от их стоимости (данные бухгалтерии): - балансовая стоимость помещения специализированного участка - 770000 руб.

$A_{зд} = 770000 / 30 = 25666,67$  руб.

Г. Затраты на электроэнергию и воду.

$$\text{Расход на электроэнергию: } P_3 = C_3 \cdot W, (3)$$

где  $C_3$  - стоимость 1кВт энергии, руб. ( $C_3 = 4,8$  руб./кВт),  $W$  - годовая потребляемость электроэнергии ремонтного участка, кВт.

$$W = \Phi_{д.о} \cdot N_{уст} \cdot n \cdot \eta_3, (4)$$

где  $\Phi_{д.о}$  - действительный фонд времени оборудования, час,  $\Phi_{д.о} = 2000$  час,  $N_{уст}$  - среднее значение мощности установки,  $N_{уст} = 15.79$  кВт,  $n$  - количество установок  $n = 1$  шт.,  $\eta$  - коэффициент загрузки моечной установки,  $\eta = 0,85$

$W = 2000 \cdot 15.79 \cdot 1 \cdot 0.85 = 26843$  кВт

$P_3 = 4,8 \cdot 26843 = 128846,4$  руб.

Таблица 3.

## Расходы на амортизацию производственных фондов участка.

№	Наименование оборудования	Балансовая стоимость, руб.	Срок службы, лет	Амортизация за год, в руб.	Отработанное кол-во дней в месяц работает оборудование по 5 часов)	Сумма амортизации за месяц, в руб.	Кол-во единиц оборуд.
1	Тоннельная автоматическая линия, ее узлы и агрегаты	285 000,0	12	23750	24	1979,2	1
2	Здания и сооружения	770 000,0	30	25667	24	2138,9	1
3	Аппараты высокого давления	72500,0	10	7250	24	604,2	2
4	Пылесосы сухой и влажной уборки	77900,0	10	7790	24	649,2	2
5	Аппараты для химчистки текстильных покрытий салона	42500,0	10	4250	24	354,2	2
6	Дополнительное оборудование	23640,0	5	4728	24	394	-
	Всего	1271540,0	-	73435	-	6119,2	8

3. Расходы электроэнергии, отнесенные на 1 операцию:

Новый  $128846,4 / 1300 = 99,2$  руб.; Базовый  $128846,4 / 1300 = 99,2$  руб.

$$\text{Расходы за воду: } P_g = C_g \cdot Q, \quad (5)$$

где  $C_b$  – стоимость 1 м<sup>3</sup> воды,  $C_b = 22,4$  руб./м<sup>3</sup>,  
 $Q$  – годовая потребность воды, м<sup>3</sup>.

$$Q = q \cdot n \cdot \Phi_{д.о} \cdot \eta_z, \quad (6)$$

где  $q$  – удельный расход воды для выполнения работ мойки,  $q = 0,396$  м<sup>3</sup>/час для новой, для

базовой  $q = 1,38$  м<sup>3</sup>/час;  $n = 1$ ;  $\Phi_{д.о} = 2000$ ч;  $\eta = 0,85$

новой  $Q = 0,396 \cdot 1 \cdot 2000 \cdot 0,85 = 673,2$  м<sup>3</sup>/в месяц

$P_b = 673,2 \cdot 22,4$  руб. = 15080 р. базовой  $Q = 1,38 \cdot 1 \cdot 2000 \cdot 0,85 = 2346$  м<sup>3</sup>/в месяц  $P_b = 2346 \cdot 22,4$  руб. = 52550,4 руб.

Д. Прочие расходы, отнесенные на специализированный участок, составляют 0,6% (по данным бухгалтерии) от суммы заработной платы с начислениями работников участка за год:  $\Pi = 80768 \cdot 12 \cdot 0,006 = 5815$  руб.

4. Прочие расходы, отнесенные на 1 операцию составят:  $5815 / 1300 = 4,47$ р.

Проведенные расчеты прямых затрат участка, приведенные к одной операции представлены в табл. 4.

Таблица 4.

## Расчет прямых затрат

№ п/п	Показатели	Сумма, руб.	
		Базовый	Новый
1	Заработная плата с начислениями производственным рабочим	31,06	31,06
2	Затраты на используемые материалы	5,2	4,0
3	Расходы на амортизацию	57,12	48,66
4	Затраты на электроэнергию	99,2	99,2
5	Затраты на воду	52,55	15,08
6	Прочие расходы	4,47	4,47
Итого сумма прямых производственных затрат		249,6	202,47

Е. определение накладных расходов. Общепроизводственные расходы по участку составляют 5,4% (согласно данным бухгалтерии) от суммы затрат внутри участка и прямых затрат участка:  $P_{уч} = (31,06 + 202,47) \cdot 0,054 = 12,61$  р.

5. Общепроизводственные расходы по мойке составляют 22% (по данным бухгалтерии) от затрат внутри участка:  $H_{уч} = 80768 \cdot 0,22 = 17768$  руб., а отнесенные на выполнение 1 операции составят:  $17768 / 1300 = 1,37$  руб

Расчет затрат и себестоимости продукции  
на одну операцию

Таблица 5.

Таблица себестоимости продукции

№ п/п	Статьи расходов	Варианты т.р.		Обоснование статей расходов
		Базовый	Новый	
1	Зарплата производственных рабочих	31,06	31,06	Оклад в месяц составляет 11358 руб.
2	Начисления на зарплату	8,13	8,13	Начисления на з/п составляют 26,2% от основной з/п рабочих.
3	Затраты на используемые материалы	5,2	4,0	Стоимость моечных и полировочных материалов для мойки одной машины (п.Б)
4	Амортизация	57,12	48,66	Амортизационные отчисления составляют % в год от его стоимости (п.В)
5	Затраты на электроэнергию	99,2	99,2	Стоимость 1 кВт энергии составляет 1,8 руб./кВт.
6	Затраты на воду т.р.	52,55	15,08	Стоимость 1 м <sup>3</sup> воды составляет 22,4 руб/м <sup>3</sup>
7	Прочие прямые затраты	4,47	4,47	По данным бухгалтерии (п. Д)
9	Общепроизводственные расходы	1,37	1,37	В экономических расчетах принято, что общепроизводственные расходы составляют 22-100%. Принимаем 22 %.
10	Прочие расходы	12,61	12,61	Прочие цеховые расходы составляют 5,4% от прямых затрат.
	Итого:	271,71	224,58	

Расчет экономических показателей. Цена продукции определяется как:

$$Ц = С + П_{п} + НДС, \quad (7)$$

где С – себестоимость продукции, руб. П<sub>п</sub> – плановая прибыль, 25% от себестоимости, руб.

Новой Ц = 224,58 + 56,15 + 44,92 = 325,65 руб.

Базовой Ц = 271,71 + 67,93 + 54,34 = 393,98 руб.

Определение удельной прибыли на рубль производственных затрат.

$$P_{уд} = \frac{Ц_{п.к.} - З_{р.к.}}{З_{р.к.}}, \quad (8)$$

где Ц<sub>п.к.</sub> – цена мойки, З<sub>р.к.</sub> – затраты на мойку.

Определение фондоотдачи (ФО):

$$ФО = \frac{ТП}{ОФ} \cdot 100\%, \quad (9)$$

где ТП – стоимость товарной продукции (восстановленный клапан), руб.;

Определение рентабельности основных фондов, руб.

$$P_{оф} = \frac{П_{пр}}{ОФ} \cdot 100\%, \quad (10)$$

где П<sub>пр</sub> – величина прибыли от мойки, руб.,

ОФ – стоимость производственных фондов, руб.

Определение рентабельности производственных затрат.

$$P_{н.р.} = \frac{П_{пр}}{П_з} \cdot 100\%, \quad (11)$$

где П<sub>пр</sub> – величина прибыли от мойки, руб.,

П<sub>з</sub> – величина производственных затрат, руб.

Определение годовой экономии денежных средств.

Годовая экономия денежных средств участка по внешней очистке машин определяется как:

$$\mathcal{E}_m = [Ц_n - (Ц + E_n \cdot (C_o / N))] \cdot N, \quad (12)$$

где Ц<sub>н</sub> – цена одной мойки, руб., Ц<sub>н</sub> = руб. Ц – цена операции с применением кавитационной насадки, руб.

E<sub>н</sub> – нормативный коэффициент эффективности капитальных затрат, E<sub>н</sub> = 0,15,

С – стоимость производственных фондов участка, руб., N – производственная программа очистки машин, шт.

$\mathcal{E} = (325,65 - (0,15 \cdot (1271540 / 1300))) \cdot 1300 = 232596$  р.

Определение окупаемости капитальных затрат.

$$T = C_o / \mathcal{E}_t \quad (13)$$

T = 1271540 / 232596 = 5,5 лет

Выводы.

Использование модернизации моечной машины позволяет увеличить производительность

работ. Позволяет экономить расходы на воду и так же расход воды в три раза.

#### Conclusions.

The use of a washing machine upgrade allows you to increase the productivity of work. It allows you to save water costs and also water consumption by three times.

#### Список литературы

1. Горностаев В.И. Повышение эффективности эксплуатации парка машин в природообустройстве с помощью информационно- экспертных систем./ Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.20.01 / Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва, 2018г.
2. Дидманидзе О.Н., Егоров Р.Н. Основы оптимального проектирования машино-тракторных агрегатов. / Москва, 2017.
3. Кузнецов Ю.А., Коломейченко А.В., Кулаков К.В., Гончаренко В.В. Практикум по экономике и организации технического сервиса./ Учебное пособие Орел, 2013. -300с.
4. Тойгамбаев С.К., Слепцов О.Н. Математическое моделирование испытания топливных насосов низкого давления топливной системы дизеля. В сборнике: ЛОГИСТИКА, ТРАНСПОРТ, ЭКОЛОГИЯ - 2017. Материалы международной научно-практической конференции. 2017. С. 83-94.
5. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Определение состава подразделений мастерской для хозяйства Костанайской области./

Естественные и технические науки. 2020. № 8 (146). С. 207-212.

6. Тойгамбаев С.К., Соколов О.К. Оптимизация параметров участка ТО и ремонта машино-тракторного парка. / В сборнике: Вестник Международной общественной академии экологической безопасности природопользования (МОАЭБП). Москва, 2020. С. 5-21.

7. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Выбор критериев оптимизации при решении задач по комплектованию парка машин производственных сельскохозяйственных организации. В сборнике: Доклады ТСХА. 2019. С. 317-322

8. Шмонин В.А., Теловов Н.К., Тойгамбаев С.К. Комбинированное орудие для глубокого рыхления почвы с внесением удобрений. Патент на изобретение RU 2500092 С1, 10.12.2013. Заявка № 2012126854/13 от 27.06.2012.

9. Martynova N.B., Bondareva G.I., Toygambaev S.K., Telovov N.K. Machine for carrying out work on deep soiling with the simultaneous application of liquid organic fertilizers. В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2020. С. 42091.

10. V. Karpuzov, Golinitsky P. V., Cherkasova E., Antonova O. Toygambayev S. K. Development of the knowledge management process at the agro-industrial complex maintenance enterprise./ The materials of the ASEDU-2020 conference are published in the Journal of Physics: Conference Series - Vo-lume 1691. ASEDU 2020. Jour-nal of Physics: Conference Series. 1691 (2020) 012031. IOP Publishing.

doi:10.1088/1742-6596/1691/1/012031. Krasnoyarsk city. 11.20 g.

---

## ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ ПРИ РЕМОНТЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

---

*Тойгамбаев С.К.,*

*к.т.н., профессор кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязев.*

*Абенов А.Т.*

*аспирант кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства.*

#### АННОТАЦИЯ

На сегодняшний день ужесточаются требования к качеству технического обслуживания и ремонта, а также восстановлению изношенных деталей. Также серьезной проблемой является постоянная нехватка запасных частей для ремонтного производства, которая снижает техническую готовность парка машин. Для расширения производства запасных частей целесообразно вторичное использование изношенных деталей, восстанавливаемых в процессе ремонта. Чтобы повысить ресурс восстанавливаемых деталей, необходимо использовать порошковые твердые сплавы. Эффективным механизированным способом нанесения покрытий различной толщины порошковыми твердыми сплавами является плазменная наплавка. Плазменная наплавка характеризуется высокой температурой сжатой дуги (порядка 1000 - 2000°С), концентрированным вводом в изделие теплоты, что обеспечивает повышение производительности процесса наплавки. При плазменной наплавке в струю подаются материалы, которые полностью расплавляются, после чего подаются на наплавляемую деталь, которая нагревается в процессе наплавки. Таким образом, для поддержания машинного парка в постоянной готовности необходимо расширять и совершенствовать эксплуатационную базу существующих ремонтных предприятий. Одним из узких мест является выход из строя в результате интенсивного изнашивания распределительных валов ДВС техники.

**Ключевые слова:** плазменная наплавка; двигатель; методика; расчет.

**Методика исследования:** Методика заключается в установлении взаимосвязей характеристик плазменных покрытий и эксплуатационных свойств восстановленных распределительных валов, в частности усталостной прочностью и износостойкостью. Распределительные валы работают в условиях знакопеременных нагрузок. Для их восстановления наиболее рационально применять порошковые твёрдые сплавы. Для большинства кулачков требуется наплавить только верхушку. Однако при

значительных износах кулачки наплавляют по профилю и затем шлифуют под номинальный размер. Наплавку выполняют с помощью копировального устройства, смонтированного на токарном станке. Для плавного регулирования скорости наплавки станок приводится в движение от источника постоянного тока. Плазмотрон предназначен для наплавки износостойких (рис.1), фрикционных и других специальных покрытий на поверхность деталей методом наплавки порошковых материалов.

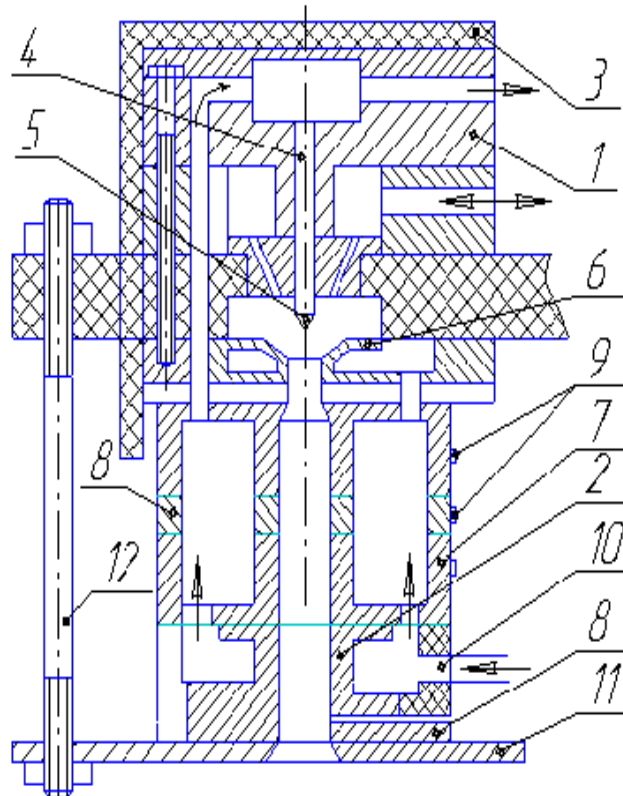


Рис. 1. Схема плазмотрона

1-катодный узел; 2- анодный узел; 3-рукоятка; 4- катод; 5- вольфрамовый электрод; 6- входное сопло; 7- межэлектродная вставка; 8- медный анод; 9- токопровод; 10- водяная трубка; 11- пластина; 12- штильки;

Наплавка деталей производится износостойкими присадочными металлами, отличными по составу и структуре от основного металла. Зона плавления должна быть минимальной и достаточно прочной, способной к релаксации напряжения для уменьшения напряжения и предупреждения трещин. Наплавку изношенных поверхностей при восстановлении деталей осуществляют твёрдыми порошковыми сплавами, обладающими высокой износостойкостью. Однако эти сплавы не обеспечивают в зоне сплавления достаточной прочности из-за образования хрупких прослоек. Поэтому для восстановления деталей, работающих со знакопеременными нагрузками, используется наплавочный материал с меньшим пределом прочности, менее износостойкий, но более пластичный. Выбор высоколегированных порошковых твёрдых сплавов объясняется не

только их высокой износостойкостью, но и особыми свойствами, характерными для дисперсных частиц. Температура плавления их ниже по сравнению с монолитными проволоками, они имеют более высокую удельную поверхность и их добавление к проволокам значительно увеличивает химическую активность протекания реакций в сварочной ванне, что способствует снижению температуры формирования слоев и повышению их качества.

По износостойкости порошковые твёрдые сплавы в 1,5 раза превосходят применяемые наплавочные материалы (износостойкие электродные проволоки, порошковые проволоки, ленты). Восстановление с их использованием детали обычно имеют ресурс выше новых.

Также известно, что твёрдые сплавы обладают значительной хрупкостью и при наплавке часто образуются трещины. Добавление 8% по весу

порошкового алюминия в сплавы УС-25, сормайт-1, способствует устранению трещин в наплавочных слоях. Добавка алюминия не снижает износостойкости наплавленных слоев, а наоборот, наблюдается некоторое повышение их. распределительных валов с использованием в качестве присадочного материала порошковых твёрдых сплавов на железной и на никелевой основе. В качестве газов для плазмообразования используется аргон с расходом 1,5-2 л/мин. Для транспортирования порошка в сварочную ванну и её защиты могут применяться аргон, расход 6-10

л/мин, и азот 10-16 л/мин. В случае применения аргона качество наплавки высокое. Но для распределительных валов, главным образом посадочных мест, наиболее целесообразно использовать дешёвый азот, применение которого при наплавке порошками на железной основе с обязательным добавлением к последним в процентах по весу порошкового алюминия позволяет получить износостойкие покрытия высокого качества. Химический состав порошков приведен в таблице 1. Рационально применять плазменную наплавку для восстановления

Таблица 1.

**Химический состав хромоникелевых порошков и порошков на железной основе**

Марка	никель	углерод	хром	кремний	бор	железо	марганец	вольфрам	молибден
хромоникелевые порошки									
ПР-Н77Х15СЗР 2	Основ а	0,35 – 0,8	14 – 16	2,8 – 3,5	1,8 - 2,3	до 5	—	—	—
ПР-Н73Х16СЗР 3	Основ а	0,6 – 0,9	15 – 17	2,7 – 3,7	2,3 - 3,0	до 5	—	—	—
ПР-Н77Х17С4Р 4	Основ а	0,8 – 1,2	16 – 18	3,8 – 4,5	3,1 - 4,0	до 5	—	—	—
ПР-Н67Х18С5Р 5	Основ а	0,9 – 1,5	16 – 19	4,0 – 5,0	4,0 - 4,7	до 5	до 1	—	—
порошки на железной основе									
ПГ-С27	2 – 4	3,3 – 4,5	25 – 28	1,0 – 2,0	—	Основ а	0,8 – 1,5	0,2–0,4	0,08
ПГ-СР4	3 – 5	3,1 – 4,3	27 – 31	1,0 – 3,0	—	Основ а	0,5 – 1,3	0, –0,7	0,15
ПГ-С1	3 – 5	2,5 – 3,3	32 – 37	2,8 – 4,2	—	Основ а	0,4 – 1,5	0,4–1,5	—
ПГ-ФБХ-6-2	1,3 – 2,5	3,5 – 6,5	32 – 37	1,0 – 2,5	1,3 - 2,0	Основ а	0,4 – 1,5	1,5–4,0	—
ПГ-УС25	1,0 – 1,8	4,4 – 5,4	35 – 41	1,6 – 2,6	< 2,5	Основ а	—	—	—

**Математическая модель:** С целью оптимизации режимов наплавки вершины и цилиндрической части кулачков распределительных валов двигателей, поставлен полный факторный эксперимент (ПФЭ)  $2^3$  с равномерным дублированием опытов. В качестве независимых переменных выбраны: сила тока наплавки ( $I$ , А), скорость ( $V$ , мм/с), расход порошка ( $Q$ , кг/ч). Параметр оптимизации – толщина наплавленного слоя ( $h$ , мм). По результатам предварительных исследований (рис. 1 и 2) выбраны интервалы и уровни варьирования факторов (таблица 2). Следует отметить, что уровни варьирования силы тока наплавки не могут быть расширены вследствие оплавления торцов

кулачка, либо плохого формирования наплаваемого слоя в случае снижения силы тока.

В полном факторном эксперименте постоянными оставались следующие параметры:

1. Напряжение сжатой дуги – 35 В;
2. Диаметр плазмообразующего сопла –  $4,0 \cdot 10^{-3}$  м;
3. Расход плазмообразующего газа (аргона) – 1,5.. 2 л/мин;
4. Расход защитного газа (аргона) – 6..8 л/мин;
5. Расстояние от сопла плазмотрона до детали –  $(8..10) \cdot 10^{-3}$  м;
6. Амплитуда колебаний –  $(15..16) \cdot 10^{-3}$  м;
7. Частота колебаний – 30..40 мин<sup>-1</sup>.

Таблица 2

## Уровни варьирования факторов

Наплавляемый участок	Наименован. фактора	Обозначен. фактора	Единица измерения	Интервал варьирования	Уровни		
					-	0	+
Вершина кулачка	Ток	$X_1$	А	15	150	165	180
	Скорость	$X_2$	$\cdot 10^{-3}$ м/с	0,25	1,07	1,32	1,57
	Расход порошка	$X_3$	кг/ч	0,12	0,48	0,60	0,72
Цилиндрическая часть	Ток	$X_1$	А	15	170	185	200
	Скорость	$X_2$	$\cdot 10^{-3}$ м/с	0,18	1,26	1,44	1,62
	Расход порошка	$X_3$	кг/ч	0,12	0,36	0,48	0,60

Эксперименты проводили на кулачках распределительных валов. В качестве наплавочного материала использовали порошковую смесь ПГ-ФБХ6-2+2...5% алюминия.

В соответствии с выбранным планом каждый опыт повторяли три раза. Результаты экспериментов представлены в табл. 2. Обработка результатов проведена в известной последовательности:

1. Рассчитана дисперсия опыта, проверена однородность ряда дисперсий.
2. Рассчитаны коэффициенты регрессии.
3. Проведена проверка статистической значимости коэффициентов регрессии.
4. Проведена проверка адекватности модели.

Уравнения регрессии адекватно описывают исследуемый процесс и имеют вид:

- для вершины кулачка:

$$Y = 1,66 + 0,09X_1 - 0,13X_2 + 0,14X_3 + 0,08X_2X_3; \quad (1)$$

- для цилиндрической части:

$$Y = 1,06 + 0,114X_1 - 0,326X_2 + 0,211X_3. \quad (2)$$

Анализируя уравнения (1 и 2), можно отметить, что наибольшее влияние на толщину наплавленного слоя в выбранных интервалах варьирования оказывают скорость наплавки и расход порошка. В меньшей степени влияют ток наплавки и совместное действие скорости и расхода порошка. В уравнении регрессии для цилиндрической части коэффициент от совместного действия этих факторов статистически незначим. Наиболее оптимальными являются режимы в 7-й строке таблице 3 как для вершины кулачка, так и для цилиндрической части.

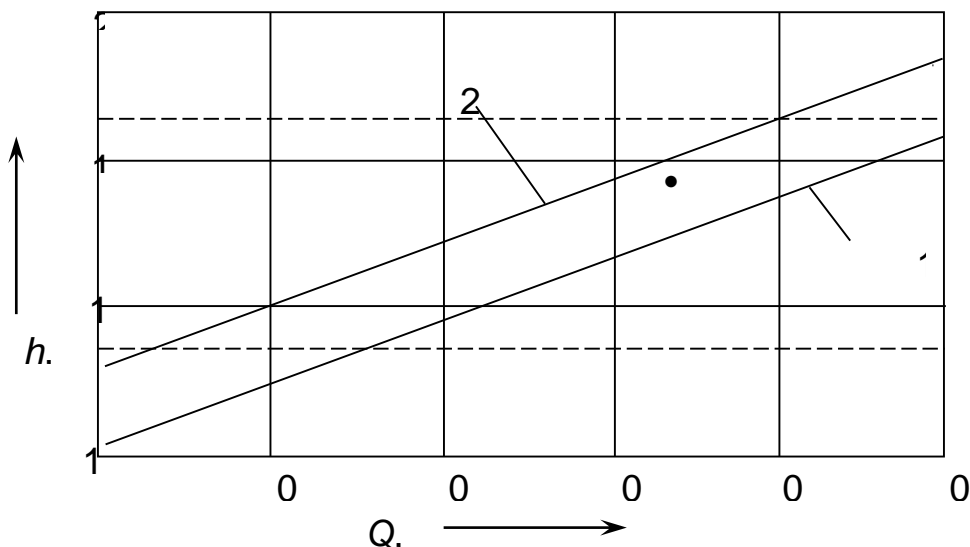


Рис. 1. Зависимость толщины наплавленного слоя на вершине кулачка от расхода порошка.

Скорость наплавки  $1,4 \cdot 10^{-3}$  м/с. 1 –  $I = 150$  А; 2 –  $I = 180$  А

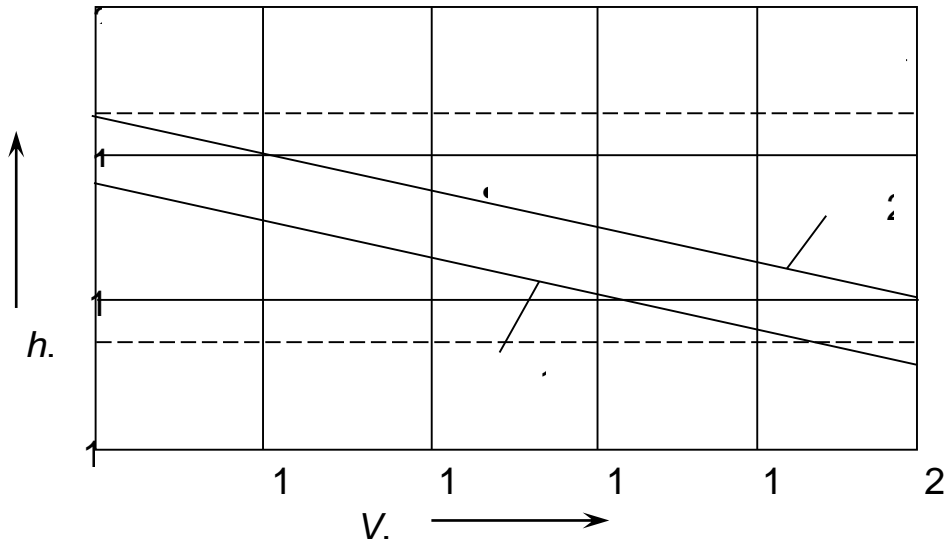


Рисунок 2. Зависимость толщины наплавленного слоя на вершине кулачка от скорости наплавки.

Расход порошка 0,6 кг/ч. 1 – I = 150 А; 2 – I = 180 А

Таблица 3.

План и результаты полного факторного эксперимента  $2^3$

№ опыта	Уровень фактора			Для вершины кулачка			Для цилиндрической части		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Среднее значение параметра оптимизации и $\bar{Y}_i$	Дисперсия средняя $S_{yi}^2$	Расчетное значение параметра оптимизации и $Y_i^{расч}$	Среднее значение параметра оптимизации и $\bar{Y}_i$	Дисперсия средняя $S_{yi}^2$	Расчетное значение параметра оптимизации и $Y_i^{расч}$
1	-	-	-	1,65	0,0028	1,64	1,03	0,0108	1,06
2	+	-	-	1,78	0,0039	1,82	1,20	0,0202	1,29
3	-	+	-	1,23	0,0028	1,22	0,39	0,0458	0,41
4	+	+	-	1,40	0,0038	1,40	0,77	0,0187	0,64
5	-	-	+	1,77	0,0013	1,76	1,56	0,0051	1,48
6	+	-	+	1,92	0,0063	1,94	1,75	0,0469	1,71
7	-	+	+	1,60	0,0112	1,66	0,80	0,0039	0,83
8	+	+	+	1,89	0,0111	1,84	0,97	0,0101	1,06

Для практических расчетов уравнение регрессии более удобно в преобразованном виде. Переход от кодированных значений к натуральным осуществляется по следующим формулам:

$$X_1 = (I - I_0) / \Delta I; \quad (3)$$

$$X_2 = (V - V_0) / \Delta V; \quad (4)$$

$$X_3 = (Q - Q_0) / \Delta Q, \quad (5)$$

где  $I_0$ ,  $V_0$ ,  $Q_0$  – натуральные значения независимых переменных на основных уровнях;  $\Delta I$ ,  $\Delta V$ ,  $\Delta Q$  – значение интервалов варьирования.

В результате экспериментальных исследований получена математическая модель оптимизации ( $h \rightarrow h_{опт}$ ) режимов плазменной наплавки фасонных поверхностей вида:

$h = 2,768 + 0,006I - 2,12V + 0,314Q$ , [мм] – для вершины кулачков

$h = 1,418 + 0,0076I - 1,811V + 1,758Q$ , [мм] – для цилиндрической части

Таким образом, плазменную наплавку можно использовать в массовом производстве, где большое значение имеет скорость и стабильность продукции.

Выводы:

1. Данная математическая модель (формула 6) позволяет решать прямые и обратные задачи – определять (находить) значения критерия оптимизации (толщины наплавленного слоя) по выбранным факторам или факторы по выбранным другим параметрам и заданному критерию оптимизации.

2. Полученные зависимости дают возможность оценить технологическую эффективность процесса плазменной наплавки и управлять выходными параметрами для получения износостойких покрытий.

3. На основании проведенного исследования была разработана математическая модель, которая позволяет определять значения критерия



оптимизации по выбранным факторам. Также для решения проблемы повышения эксплуатационной надежности и долговечности транспортно-технологических машин является нанесение защитных и восстановительных покрытий с помощью плазмы.

### Список литературы

1. Апатенко А.С., Быков В.В., Голубев И.Г., Евграфов В.А., Голубев М.И. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном сопровождении. / Москва, 2017. Том Часть.
2. Коломейченко А.В., Логачев В.Н., Титов Н.В., Кравченко И.Н. Микродуговое оксидирование как способ повышения ресурса деталей машин при их производстве или восстановлении. / Техника и оборудование для села. 2014. № 4. С. 30-35.
3. Карапетян М.А., Пряхин В.Н. Механизация и автоматизация сельскохозяйственного производства. / Учебное пособие. Москва, 2013. С. 216.
4. Карапетян М.А. Основы концепции экологической совместимости системы «Машина-трактор-технология-почва». / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. № 9. С. 30-32.
5. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Анализ износа деталей транспортных и технологических машин. Методическое пособие для студентов по дисциплине “Основы работоспособности технических систем” Утвержден УМК ИМЭ им. В.П. Горячкина. Изд. ООО. «Мегаполис» г. Москва. 2020. с. 37.
6. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева. ж. Механизация и Электрификация сельского хозяйства. Теоретический и научно-практический журнал. № 7. 2015 г. Москва. с. 28-32.
7. Тойгамбаев С.К., Романюк С.Н. Международный технико-экономический журнал № 4. 2013. г. Москва. с. 67-70.
8. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Применение электродугового нагрева и центробежной заливки при ремонте деталей машин. / Международный научный электронный журнал «International Journal Of Professional Science» ISSUE № 10/ 2019г. Нижний Новгород. с. 89-97.
9. Тойгамбаев С.К. Восстановление методом плазменного напыления деталей двигателей машин применяемых в природообустройстве. / Материалы международной научно-практической конференции «Роль мелиорации водного хозяйства в инновационном развитии АПК» Часть VII, ISBN 978-5-89231-400-8. 2012. г. Москва. . С. 195-200.
1. Айзман, Р.И. Основы безопасности жизнедеятельности / Р.И. Айзман, Н.С. Шуленина, В.М. Ширшова – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2010. – 247 с.
2. Ахметов, Р.Г. Экономика предприятия (организации) АПК: Практикум / Р.Г. Ахметов. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. – 142 с.
3. Бондаренко, Е.В. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования / Е.В. Бондаренко, Р.С. Фаскиев. – М.: Академия, 2009. – 256 с.
4. Водяников, В.Т. Организация и управление производством на сельскохозяйственных предприятиях М.: КолосС, СтГАУ "АГРУС", 2006. – 506 с.
5. Водяников, В.Т. Экономика сельскохозяйственной энергетики / В.Т. Водяников. – М.: БИБКОМ, ТРАНСЛОГ, 2015. – 360 с.
6. Вышнепольский, И.С. Техническое черчение / И.С. Вышнепольский. – М.: Машиностроение, 2016. – 316 с.
7. Глазков, Ю.Е. Технологический расчёт и планировка предприятий технического сервиса / Ю.Е. Глазков. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014-152 с.
8. Гусаков, В.Г. Экономика организаций и отраслей агропромышленного комплекса в 2 кн. Кн. 1 / В. Г. Гусаков [и др.]; под общ. ред. акад. В. Г. Гусакова. — Минск: Белорус. наука, 2007. — 891 с.
9. Гусаков, В.Г. Экономика организаций и отраслей агропромышленного комплекса. В 2 кн. Кн. 1 / В. Г. Гусаков [и др.]; под общ. ред. акад. В. Г. Гусакова. — Минск: Белорус. наука, 2007. — 891 с.

---

**ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
РЕМОНТНЫХ РАБОТ**

---

**Евграфов В.А.***д.т.н., доцент кафедры технической сервис машин и оборудования  
Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева.***Абенев А.Т.***аспирант кафедры технической эксплуатации  
технологических машин и оборудования природообустройства.  
Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева.***OPTIMIZATION CALCULATIONS OF THE DEVICE FOR CARRYING OUT REPAIR WORK****Evgrafov V.A.***Doctor of Technical Sciences,  
Associate Professor of the Department of  
Technical Service of Machinery and Equipment,  
K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University.***Abenov A.T.***Postgraduate student of the Department of  
Technical Service of Machinery and Equipment,  
K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University.***АННОТАЦИЯ**

Ремонтно – восстановительные работы необходимы и в первую очередь для отечественной техники. В этой связи процессы направленные на удешевление, снижение себестоимости ремонтных работ являются весьма актуальными. В настоящей статье расчеты модернизированного приспособления и стенд – для более упрощенного, эффективного и быстрого проведения ремонтных работ. В частности приспособление для проведения ремонта автомобильных электробензонасосов с расчетами на прочность нагруженных деталей.

**ABSTRACT**

Repair and restoration work is necessary primarily for domestic equipment. In this regard, the processes aimed at reducing the cost, reducing the cost of repair work are very relevant. In this article, the calculations of the upgraded equipment and the stand are for a more simplified, efficient and fast repair work. In particular, a device for repairing automobile electric fuel pumps with calculations for the strength of loaded parts.

**Ключевые слова:** электробензонас; стенд; приспособление; ремонт; автомобиль.

**Keywords:** electric fuel pump; stand; device; repair; car.

*Приспособление для ремонта электробензонасосов.* При проведении ремонта электрического бензонасоса одними из наиболее трудоемких операций являются выпрессовка старого и запрессовка нового кольца статора ЭБН. Проводить данные операции при помощи универсального слесарного инструмента нецелесообразно, так как необходимы демонтаж изношенной детали без повреждения самого статора и точная посадка новой детали. Предлагаемое приспособление разрабатывается с целью облегчения и ускорения выполнения операций, а также для повышения качества ремонта. Проведенный в процессе разработки

обзор аналогичных конструкций показал, что имеются, в том числе и в розничной продаже, приспособления, сходные по принципу действия с разрабатываемым. Однако, все они обладают несколькими недостатками: большими габаритами и сравнительно высокой стоимостью (например, винтовой пресс НВ 5221) или иной специализацией (например, пресс для зажима стоматологических кювет). Таким образом, целесообразно изготовление относительно несложного винтового пресса непосредственно на предприятии. Расчет основных параметров приспособления приводится в данном разделе проекта.

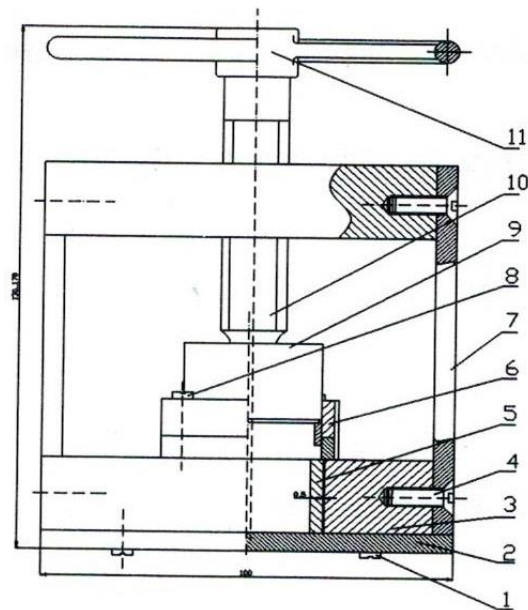


Рис. 1. Приспособление для запрессовки.

1- 4- 8 болты крепления, 2- нижняя плита, 3- крышка нижняя, 5- статор ЭБН.

Устройство и принцип действия приспособления:

Разработанное приспособление, рисунок 1, состоит из нижней плиты 2, к которой крепятся: снизу – крышка 3, сверху – статор ЭБН 5, прижатый крышкой 6. В верхней части прессы расположен ходовой винт 10 с маховиком 11. Нижний конец винта упирается в калибрующий дорн 9. При вращении винта создается усилие запрессовки. В

колодце нижней плиты при запрессовке устанавливается также специальный упор 6, препятствующий сквозному прохождению кольца через статор. При выпрессовке старого кольца упор убирается. Приспособление крепится на верстаке в слесарных или в стуловых тисках.

Материал деталей приспособления представлен в таблице 1.

Таблица 1.

Материал основных деталей приспособления

Деталь	Материал
Нижняя плита	Сталь 45, HRC 30...35 ГОСТ 22975-78
Нижняя крышка	Ст.3, Лист 5 мм
Стойка	Сталь 30
Упор	Труба $\frac{вн30 \times 2 \text{ ГОСТ}8732 - 78}{\text{Ст.3 ГОСТ}8734 - 74}$
Верхняя плита	Сталь 45
Винт	Сталь 40X, HRC 55...60 ГОСТ 22975-78
Маховик	Сталь 30

1. Расчет усилия запрессовки кольца. Расчет приспособления начинаем с определения усилия запрессовки бронзового кольца в статор ЭБН.

Требуемое усилие определяем по формуле:

$$P = \sigma_T \cdot F, \text{ Н} \quad (1)$$

Где  $\sigma_T$  – предел текучести материала кольца, МПа (для бериллиевой бронзы БрБ2.  $\sigma_T = 235$  МПа;  $F$  – площадь смятия,  $\text{м}^2$ .

Площадь смятия рассчитывается:

$$F = \pi(R^2 - r^2), \text{ м}^2 \quad (2)$$

где  $R$  – внешний радиус кольца с припуском, м;

$r$  – номинальный внешний радиус кольца, м.

Вычисляем:

$$F = 3,14 \cdot (0,0175^2 - 0,0170^2) \approx 0,00001725 = 17,25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2;$$

$$P = 235 \cdot 10^6 \cdot 17,25 \cdot 10^{-6} = 40538 \text{ Н}.$$

2. Расчет винтового крепления. Минимальный диаметр винтов, крепящих боковые стойки прессы к нижней и верхней плитам, рассчитываем по формуле:

$$d \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot [\tau]}}, \text{ м} \quad (3)$$

где  $[\tau]$  – допускаемое напряжение сдвига в опасном сечении винта, МПа.

для стального винта  $[\tau] = 60$  МПа:

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 4053,8}{3,14 \cdot 60 \cdot 10^6}} = 13,12 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 13 \text{ мм}.$$

Для получения более компактной конструкции применяем крепление из четырех винтов М5×25 (по два с каждой стороны). Итого, полученный суммарный диаметр  $4 \cdot 5 = 20 \text{ мм} > 13 \text{ мм}$ , - соответствует условию прочности.

Проверяем стенки отверстий скрепленных болтом деталей на смятие. Напряжение смятия в стенках отверстий:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{P_1}{\delta \cdot d} < [\sigma_{\text{см}}], \text{ МПа} \quad (4)$$

где  $P_1$  – усилие смятия, Н;  $\delta$  – планируемая толщина скрепляемых пластин, м (0,005 м);  $d$  – диаметр винта, м (0,005 м);

$[\sigma_{\text{см}}]$  – допустимое напряжение, МПа (200 МПа).

Так как расчет ведется для четырех винтов, то для каждого из них по отдельности сминающее усилие будет:

$$P_1 = P/4 = 4053,8/4 = 1013,5 \text{ Н}.$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{1013,5}{0,005 \cdot 0,005} = 40,53 \text{ МПа} < [200 \text{ МПа}].$$

Это отвечает условиям прочности. Принимаем толщину боковых стоек 5 мм.

3. *Расчет ходового винта.* В предварительном варианте принимаем винт с трапециидальной резьбой номинального диаметра 16 мм, шагом витков 2 мм, внутренний диаметр 14,36 мм, ГОСТ 24738-81. Конец винта для снижения трения проектируем в виде полусферы радиусом 16 мм.

Момент затяжки винта определяем по формуле:

$$M = P \cdot [0,1d_2 + f_1 \cdot R \cdot \text{ctg} \frac{\gamma}{2}], \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (5)$$

где  $d_2$  – внутренний диаметр резьбы, м;  $f_1$  – коэффициент трения материала винта (в нашем случае 0,15);  $R$  – радиус сферического конца, м;

$\gamma$  – угол конического углубления пяты (в нашем случае 120°).

$$M = 4053,8 \cdot [0,1 \cdot 0,0144 + 0,15 \cdot 0,016 \cdot \text{ctg} \frac{120}{2}] = 11,45 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

4. *Расчет посадки маховика.* Для упрощения записей сопрягаемый конец винта будем называть «вал», а отверстие ступицы маховика - «втулка».

Исходные данные:

Номинальный размер соединения:  $d=12 \text{ мм}$ .

Наружный диаметр охватывающей детали:  $D=100 \text{ мм}$ .

Длина сопряжения:  $l=25 \text{ мм}$ .

Крутящий момент, передаваемый сопряжением:  $M_{\text{кр}}=11,45 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Параметры шероховатости вала и втулки:  $R_{\text{zd}}=3,2 \text{ мкм}$ ,  $R_{\text{zd}}=3,2 \text{ мкм}$ .

5. Определение давления, необходимого для передачи заданного крутящего момента.

$$P \geq \frac{2M_{\text{кр}}}{\pi \cdot d^2 \cdot l \cdot f}, \text{ МПа} \quad (6)$$

где  $M_{\text{кр}}$  – наибольший крутящий момент в соединении, Н×м;

$d$  – номинальный размер сопряжения, м;

$l$  – длина сопряжения, м;

$f$  – коэффициент трения покоя ( $f = 0,15$ ).

$$P \geq \frac{2 \times 11,45}{3,14 \times 0,012^2 \times 0,025 \times 0,15} \geq 13,5 \text{ МПа}.$$

6. *Определение величины наименьшего предельного натяга в соединении, способного передать заданный крутящий момент*

$$N_{\text{min}} = P \times d \left( \frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right), \text{ мкм} \quad (7)$$

где  $E_D$ ,  $E_d$  – модули упругости материалов втулки и вала,

$C_D$ ,  $C_d$  – коэффициенты определяемые по следующим формулам

$$C_D = \frac{1 + \left( \frac{d}{D_2} \right)^2}{1 - \left( \frac{d}{D_2} \right)^2} + \mu_D; \quad C_d = \frac{1 + \left( \frac{d_1}{d} \right)^2}{1 - \left( \frac{d_1}{d} \right)^2} - \mu_d, \quad (8)$$

где  $\mu_D$ ,  $\mu_d$  – коэффициенты Пуассона для материалов вала и втулки.

$$C_D = \frac{1 + \left( \frac{0,012}{0,100} \right)^2}{1 - \left( \frac{0,012}{0,100} \right)^2} + 0,28 = 1,30;$$

$$C_d = \frac{1 + \left( \frac{0}{0,012} \right)^2}{1 - \left( \frac{0}{0,012} \right)^2} - 0,28 = 0,72.$$

$$N_{\text{min}} = 13,5 \times 10^6 \times 0,012 \cdot \left( \frac{1,30}{2 \times 10^{11}} + \frac{0,72}{2 \times 10^{11}} \right) = 16,4 \text{ мкм}.$$

Вычисление величины расчетного натяга с учетом, что при запрессовке микронеровности сопрягаемых поверхностей срезаются или сминаются

$$N_{\text{расч}} = N_{\text{min}} + 1,2(R_{\text{zd}} + R_{\text{zd}}), \text{ мкм} \quad (9)$$

где  $R_{\text{zd}}$ ,  $R_{\text{zd}}$  – высота микро неровности поверхности вала и втулки, мкм

$$N_{\text{расч}} = 16,4 + 1,2(3,2 + 3,2) = 24,08 \text{ мкм}$$

Выбор стандартной посадки из посадок группы «с натягом»

$$\text{Условие выбора посадки: } N_{\text{min}}^{\text{ст}} \geq N_{\text{расч}},$$

где  $N_{\text{min}}^{\text{ст}}$  - наименьший предельный натяг, обеспечиваемый выбранной стандартной посадкой, мкм.

$$\text{Выбираем посадку } \frac{H7}{t6}: 69 \text{ мкм} \geq 24,08 \text{ мкм.}$$

#### 7. Проверка оптимальности выбора посадки.

Расчет наибольшего давления, возникающего в металле втулки при реализации выбранной посадки, ведем по формуле:

$$P_{\text{max}} = \frac{N_{\text{min}}^{\text{ст}} - 1,2 \cdot (R_{zd} + R_{zD})}{d \cdot \left( \frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right)}, \text{ МПа} \quad (10)$$

$$P_{\text{max}} = \frac{69 \times 10^{-6} - 1,2(3,2 + 3,2) \times 10^{-6}}{0,012 \left( \frac{1,30}{2 \times 10^{11}} + \frac{0,72}{2 \times 10^{11}} \right)} = 38,82 \text{ МПа.}$$

Наибольшее напряжение, возникающее в металле втулки, рассчитывается по формуле:

$$\sigma_D = \frac{1 + \left( \frac{d}{D_2} \right)^2}{1 - \left( \frac{d}{D_2} \right)^2} \times P_{\text{max}}, \text{ МПа.} \quad (11)$$

$$\sigma_D = \frac{1 + \left( \frac{0,012}{0,100} \right)^2}{1 - \left( \frac{0,012}{0,100} \right)^2} \times 38,82 \approx 40 \text{ МПа.}$$

Анализ выполнения условия прочности охватываемой детали:

$$\sigma_D < [\sigma_T]_D; [\sigma_T]_D = 333 \text{ МПа.; } 40 \text{ МПа} < 333 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется, посадка выбрана оптимально.

#### Выводы:

Применение приспособления для выпрессовки кольца статора упрощает и облегчает данный процесс, значительно снижаются энергозатраты рабочего при ремонте.

#### Conclusions:

The use of a device for pressing out the stator ring simplifies and facilitates this process, the energy

consumption of the worker during repair is significantly reduced.

#### Литература:

1. Буралев Ю.В., Мартиров О.А., Кленников Е.В. Устройство обслуживания и ремонт топливной аппаратуры автомобилей. М.: Высшая школа, 1987.
2. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Анализ износа деталей транспортных и технологических машин./ Методическое пособие / Москва, 2020. С. 37.
3. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины ОМ-21614./ Техника и технология. 2013. № 3. С. 15-18.
4. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева./ Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 7. С. 28-32.
5. Тойгамбаев С.К., Карапетян М.А. Направления и перспективы совершенствования топливopодpождающей аппаратуры транспортных дизелей./ В сборнике: Естественные и технические науки в современном мире. 2018. С.35-45.
6. Тойгамбаев С.К., Нукешев С.О. Электромеханическое упрочнение соединений деталей машин./ В сборнике: Глобализация и развитие современного общества. Материалы Международной научно-практической онлайн-конференции. 2011. С. 49-54.
7. Тойгамбаев С.К., Карапетян М.А. Разработка методики испытания топливных насосов низкого давления топливной системы дизеля./ В сборнике: Логистика, Транспорт, Экология-2018. Материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 65-77.
8. Тойгамбаев С.К., Соколов О.К. Оптимизация параметров участка ТО и ремонта машино- тракторного парка./ В сборнике: Вестник международной общественной академии экологической безопасности и природопользования (МОАЭБП). Москва, 2020. С. 5-21.
9. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Выбор критериев оптимизации при решении задач по комплектованию парка машин производственных сельскохозяйственных организаций./ В сборнике: Доклады ТСХА. 2019. С. 317-322.
10. Шнырев А.П., Казимирчук А.Ф., Тойгамбаев С.К. Повышение надежности и долговечности резьбовых соединений./ В сборнике: Роль мелиорации и водного хозяйства в реализации национальных проектов. Материалы Международной научно-практической конференции. 2008. С. 257-259.
11. Шнырев А.П., Тойгамбаев С.К. Устройство для восстановления бронзовых втулок./ В сборнике: Природоохранное обустройство территорий. Материалы научно-технической конференции. 2002. С. 153-154.

**ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО РЕМОНТУ АВТОМОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ****Горностаев В.И.***к.т.н., ст. преподаватель кафедры технической сервис машин и оборудования  
Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева.***Абенев А.Т.***аспирант кафедры технической эксплуатации  
технологических машин и оборудования природообустройства.  
Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева.***ORGANIZATION OF WORKS ON REPAIR OF AUTOMOBILE UNITS****Gornostaev V.I.***Candidate of Technical Sciences,  
senior lecturer of the Department of Technical Service of Machinery and Equipment,  
K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University.***Abenov A.T.***Postgraduate student of the Department of  
Technical Service of Machinery and Equipment,  
K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University.***АННОТАЦИЯ**

На современном этапе развала промышленных предприятия и отраслей, происходит период перехода на различные методы агрегатного ремонта. Это в первую очередь связано с развалом и неспособностью ремонтных предприятия противостоять натиску импортной техники, со своей ремонтной и обслуживающей номенклатурой. Все же, ремонтно – восстановительные работы необходимы и в первую очередь для отечественной техники. В этой связи процессы направленные на удешевление, снижение себестоимости ремонтных работ являются весьма актуальными. В настоящей статье приводится схема работы и расчеты модернизированного приспособления и стенд – для более упрощенного, эффективного и быстрого проведения ремонтных работ. В частности стенд для промывки форсунок двигателей.

**ANNOTATION**

At the present stage of the collapse of industrial enterprises and industries, there is a period of transition to various methods of aggregate repair. This is primarily due to the collapse and inability of repair companies to resist the onslaught of imported equipment, with their repair and maintenance nomenclature. Nevertheless, repair and restoration work is necessary primarily for domestic equipment. In this regard, the processes aimed at reducing the cost, reducing the cost of repair work are very relevant. This article presents the scheme of operation and calculations of the upgraded device and stand – for a more simplified, efficient and fast repair work. In particular, a stand for flushing engine injectors.

**Ключевые слова:** стенд; форсунка; восстановление; ремонт; автомобиль.

**Keywords:** stand; nozzle; restoration; repair; automotive.

*Стенд для промывки распылителей форсунок двигателей.* До настоящего времени промывка распылителей форсунок производилась ручным плунжерным насосом. Разработанный стенд позволяет повысить производительность труда на этой операции. Стенд предназначен для промывки после прочистки и дефектации распылителей форсунок.

Краткая характеристика стенда: Привод стенда пневматический. Рабочее давление воздуха от 0,4 до 0,5 МПа (4...5 кг/см<sup>2</sup>). Давление промывочной жидкости до 30 МПа (300 кг/см<sup>2</sup>). Рабочей жидкостью является дизельное топливо. Крепление распылителей производится гайкой.

Габаритные размеры: длина – 565 мм.; ширина – 285 мм.; высота – 410 мм.; вес – 54 кг.

Устройство и работа стенда

Стенд рисунок 1, состоит из следующих узлов: рамы сварной конструкции 1, экрана 2, форсунки 3, манометра 4, гидроблока 5, кожуха 6, пневмоблока 7, трубопроводов 8, блока управления 9, напорного бака 10, вентиля открытия экрана 11.

Рама выполнена из уголковой и листовой стали, и является основанием стенда.

Экран закреплен шарнирно на кожухе, что позволяет производить замену распылителя при поднятом экране. Экран выполнен из органического стекла позволяет визуально выполнить и наблюдать работу распылителя форсунки.

Гидроблок представляет собой гидроцилиндр с поршнем. На выходе из гидроцилиндра установлена форсунка. Для контроля давления срабатывания форсунки в гидроблоке имеется манометр. Поршень гидроцилиндра приводится в действие штоком пневмокамеры. Пневмоблок состоит из блока управления и пневмокамеры, предназначенной для заполнения гидроцилиндра топливом и приведения в действие его поршня. Блок управления соединен с воздушной магистралью цеха и имеет два клапана, управляемых кнопками. Один клапан подает сжатый воздух в топливный бак, а другой в пневмокамеру. Пневмокамера является тормозной

камерой диафрагменного типа автомобиля МАЗ-500. При подаче воздуха в камеру диафрагма перемещается, выдвигая шток с закрепленным на нем поршнем гидроцилиндра.

Напорный топливный бак представляет собой герметичную сварную металлоконструкцию. При подаче в него сжатого воздуха, топливо из него

через фильтр вытесняется в гидроблок. Бак оборудован пробкой, которая открывается после промывки распылителя для слива отработанного топлива, а также предусмотрен предохранительный шариковый клапан. Агрегаты стенда закрыты сварным кожухом.

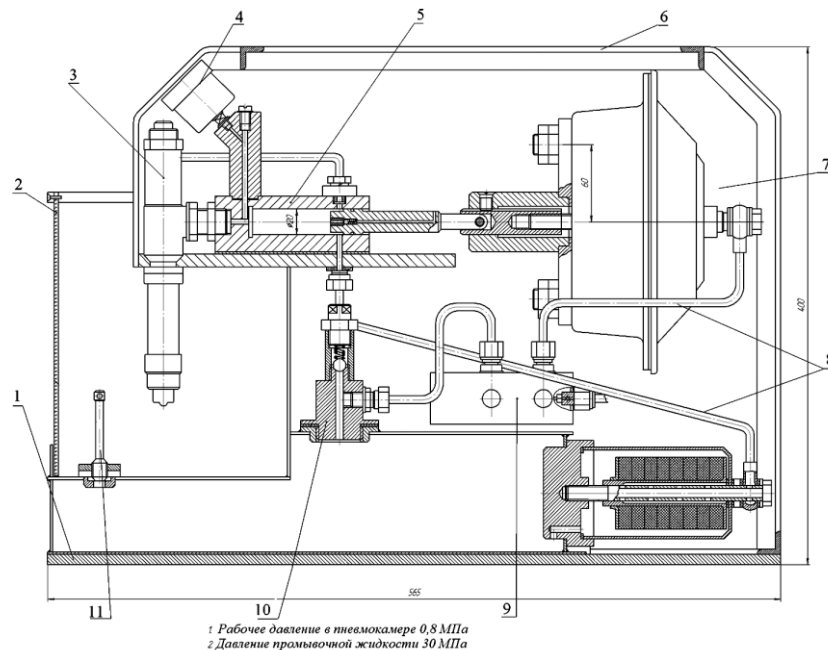


Рис. 1. Стенд для промывки распределителей

Перед началом работы на стенде его необходимо проверить и подключить.

Подсоединить стенд к цеховой воздушной сети через штуцер. Открыть кран и залить дизельное топливо в количестве 4-х литров. Нажать на кнопку и проверить поступление дизельного топлива в форсунку под давлением. Предупреждение: редукционный клапан необходимо отрегулировать на давление не более 0, МПа (2 кг/см<sup>2</sup>).

При работе на стенде необходимо:

1. Поднять экран.
2. Установить испытуемый распылитель в форсунку и затянуть гайкой.
3. Опустить экран.
4. Нажать кнопку пневмоблока и при появлении дизельного топлива через контрольное отверстие отпустить.
5. Нажать кнопку привода гидроблока и следить за давлением по показанию манометра.

Примечание: операцию 5 повторять до выхода из распылителя равномерных струй дизельного топлива.

Для работы на стенде допускается рабочий, прошедший инструктаж на рабочем месте и ознакомленный рабочей инструкцией. Работник должен быть подготовленным и допущенным к работе на стенде.

Запрещается:

- нажимать на кнопки пневмоблока при поднятом экране;

- производить регулировку клапана на давление выше 0,8 МПа;
- производить регулировку форсунки на давление выше 30 МПа;
- курить;
- проверить все электропровода как на самом стенде, так и все подключенные устройства вблизи стенда.

1. Расчет пневмокамерного привода стенда

Исходные данные:

D = 140 мм – рабочий диаметр мембраны;

P = 0,8 МПа – давление воздуха;

d = 20 мм – диаметр плунжера.

Необходимо узнать давление, развиваемое плунжером.

$$Q = F \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (1)$$

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p - (q + T) \quad (2)$$

где: q – сила сжатия пружины, возвращающей мембрану,

T = 13,2 Н – сила трения плунжера с уплотнительным кольцом,

k = 1,2 – коэффициент запаса жесткости пружины.

Силу сжатия пружины возвращающей мембрану определяем по формуле:

$$q = T \cdot k \quad (3)$$

$$q = 13,2 \times 1,2 = 1,58$$

$$F = \frac{3,14 \cdot 140^2}{4} 8 - (1,58 + 1,32) = 3060 \text{ Н}$$

$$Q = 3060 \frac{3,14 \cdot 20^2}{4} = 41 \text{ МПа}$$

Рабочая пружина форсунки регулируется на срабатывание при давлении 30 МПа (300 кг/см<sup>2</sup>), т.е. давление, вырабатываемое плунжером достаточно для проверки распылителей форсунки.

2. Расчет надежности крепления стенда к столу основанию

Условием надежности крепления приспособления к столу станка является отсутствие сдвига приспособления относительно стола стенда во время работы.

Условие отсутствия сдвига приспособления относительно стола станка записывается:

$$F_{\text{зат}} = \frac{\kappa \cdot F}{i \cdot f \cdot Z_{\delta}}, \text{ Н}; \quad (4)$$

где  $i$  – число плоскостей стыка,  $i = 1$ ;  $f$  – коэффициент трения,  $f = 0,1$ ;

$\kappa$  – коэффициент запаса,  $\kappa = 2$ ;  $Z_{\delta}$  – количество болтов,  $Z_{\delta} = 4$ ;

$F_{\text{зат}}$  – сила затяжки болта, Н;  $F$  – внешняя сила, Н.

Внешняя сила  $F$  определяется по формуле:

$$F = \frac{T}{R}, \text{ Н}; \quad (5)$$

где  $T$  – вращающий момент  $T = 602 \text{ Н} \cdot \text{мм}$ ;

$R$  – расстояние от оси хона до оси крепежного болта.

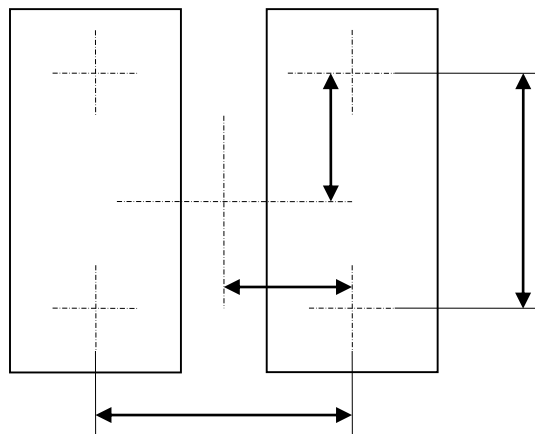


Рис. 2. Схема расположения осей крепежных болтов относительно оси.

Расстояние от оси основания до оси крепежного болта рис. 2. определяется по формуле:

$$R = \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2}, \text{ мм}; \quad (6)$$

где  $l = 120 \text{ мм}$ ;

$$R = \sqrt{\left(\frac{120}{2}\right)^2 + \left(\frac{120}{2}\right)^2} = 85 \text{ мм}$$

Подставляя полученные значения  $R$  в формулу (5), получим величину внешней силы  $F$ :

$$F = \frac{602}{85} = 7,1 \text{ Н}$$

Подставляя полученные значения внешней силы  $F$  в формулу (4), получим величину силы затяжки болта  $F_{\text{зат}}$ :

$$F_{\text{зат}} = \frac{2 \cdot 7,1}{1 \cdot 0,1 \cdot 4} = 35,5 \text{ Н}.$$

3. Расчет крепежных болтов на прочность по напряжению от силы затяжки.

Условие прочности по напряжению от силы затяжки записывается:

$$\sigma_{\text{эк}} = \frac{1,3 \cdot F_{\text{зат}}}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma], \text{ МПа}; \quad (7)$$

где  $d_1$  – внутренний диаметр резьбы, для болта М12  $d_1 = 10,1 \text{ мм}$ ;

$F_{\text{зат}}$  – сила затяжки болта,  $F_{\text{зат}} = 35,5 \text{ Н}$ ;

$$\sigma_{\text{эк}} = \frac{1,3 \cdot 35,5}{3,14 \cdot 10,1^2} = 0,58 \text{ МПа}.$$



Для болта изготовленного из стали 20 допустимое напряжение  $[\sigma] = 144 \text{ МПа}$ .

Условие прочности крепежного болта по напряжению от силы затяжки выполняется, так как  $\sigma_{ж} < [\sigma]$ .

Выводы:

Конструкционная разработка стенд для промывки форсунок позволяет экономить не только рабочее время затрачиваемое на промывку распылителя форсунки двигателей, но и существенно экономит материальные затраты предприятия.

Conclusions:

The design development of the nozzle flushing stand allows you to save not only the working time spent on flushing the spray nozzle of the engines, but also significantly saves the material costs of the enterprise.

#### Литература:

1. Буралев Ю.В., Мартиров О.А., Кленников Е.В. Устройство обслуживание и ремонт топливной аппаратуры автомобилей. М.: Высшая школа, 1987.
2. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Анализ износа деталей транспортных и технологических машин./ Методическое пособие / Москва, 2020. С. 37.
3. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины ОМ-21614./ Техника и технология. 2013. № 3. С. 15-18.
4. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева./ Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 7. С. 28-32.
5. Тойгамбаев С.К., Карапетян М.А. Направления и перспективы совершенствования топливоподающей аппаратуры транспортных

дизелей./ В сборнике: Естественные и технические науки в современном мире. 2018. С.35-45.

6. Тойгамбаев С.К., Нукешев С.О. Электромеханическое упрочнение соединений деталей машин./ В сборнике: Глобализация и развитие современного общества. Материалы Международной научно-практической онлайн-конференции. 2011. С. 49-54.

7. Тойгамбаев С.К., Карапетян М.А. Разработка методики испытания топливных насосов низкого давления топливной системы дизеля./ В сборнике: Логистика, Транспорт, Экология-2018. Материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 65-77.

8. Тойгамбаев С.К., Соколов О.К. Оптимизация параметров участка ТО и ремонта машино- тракторного парка./ В сборнике: Вестник международной общественной академии экологической безопасности и природопользования (МОАЭБП). Москва, 2020. С. 5-21.

9. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Выбор критериев оптимизации при решении задач по комплектованию парка машин производственных сельскохозяйственных организаций./ В сборнике: Доклады ТСХА. 2019. С. 317-322.

10. Шнырев А.П., Казимирчук А.Ф., Тойгамбаев С.К. Повышение надежности и долговечности резьбовых соединений./ В сборнике: Роль мелиорации и водного хозяйства в реализации национальных проектов. Материалы Международной научно-практической конференции. 2008. С. 257-259.

11. Шнырев А.П., Тойгамбаев С.К. Устройство для восстановления бронзовых втулок./ В сборнике: Природоохранное обустройство территорий. Материалы научно-технической конференции. 2002. С. 153-154.

# ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 501

---

## NEW THEORY OF GRAVITATION. ENERGY CONCEPT

---

**Rudensky A. V.***Doctor of Technical Sciences, Professor  
Russia, Moscow, 129327, Izumrudnaya str., 8, r. 66*

### НОВАЯ ТЕОРИЯ ГРАВИТАЦИИ. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ

*Руденский А. В.**Доктор технических наук, профессор  
Россия, 129327, г. Москва, ул. Изумрудная, 8, кв. 66,  
DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2022.1.96.1632*

#### АННОТАЦИЯ

Автором предложена новая теория гравитации, согласно которой материальные частицы не обладают собственной энергией гравитационного притяжения и не излучают каких-либо гравитационных волн.

Возникновение любых материальных объектов сковывает часть энергии, отбирая её от единого безграничного базового энергетического поля, понижая в результате энергетический уровень среды в зоне своего существования.

В образующуюся «энергетическую яму» стягиваются все материальные объекты, оказавшиеся в сфере её влияния, что воспринимается как эффект проявления сил их взаимного притяжения.

#### ABSTRACT

According to the new theory of gravity, material particles do not have their own energy of gravitation attraction and do not emit any gravitational waves.

The emergence of any material objects fetters part of the energy taking it away from the single boundless basic energy field lowering as a result the energy level of the environment in the zone of its existence.

All material objects that are in the sphere of its influence are drawn into the resulting “energy pit” which is perceived as the effect of the manifestation of the forces of their mutual attraction.

**Ключевые слова:** гравитация, энергия, новая концепция, материальность, анизотропия энергии, базовый энергетический уровень.

**Key words:** gravitation, energy, new conception, anisotropy, basic energy level

#### 1. Introduction. General ideas about gravity

According to modern ideas gravity is a universal interaction between any types of matter.

According to Newton, gravity (or gravitation) is the interaction between bodies that have mass. According to modern concepts, mass is characterized as a physical quantity that is a source of gravity. Newton’s law of universal gravitation assumes that the force of gravity propagates in space instantly.

Einstein’s general theory of relativity (GR) defines gravitation as a consequence of the influence of matter on the geometric properties of space-time (in particular, the presence of matter causes the curvature of space). According to general theory of relativity, gravitational radiation propagates in space in the form of waves at the speed of light.

The quantum theory of gravity postulates the existence of gravitons – particles that are sources of gravitational attraction.

However, all existing theories of gravity do not give an answer to the question of what is the source of energy that generates the forces of gravitational attraction and existence of a gravitational field.

#### 2. Energy basis of gravity

The basis of the birth and existence of the material world is a boundless basic energetically isotropic medium, which has an inexhaustible potential for movement. The processes of motion in this initial energetically isotropic medium lead to the appearance in it of various kinds of local anisotropic formations in the form of waves, vibrations and vortex. Any anisotropic formation is an object of the material world, because the presence of energy anisotropy is a defining sign of materiality [1].

At a sufficiently high intensity of the resulting vortex, the formed funnel can become stable. The head of this stably existing vortex is a stable anisotropic formation – a material particle (a particle of matter).

The appearance of a vortex violates the energy isotropy of the medium, since a certain amount of energy is spent on the formation and existence of a vortex. Consequently when a vortex funnel appears, the field energy level in the zone of its existence decreases in comparison with the basic energy level (BEL) of the medium.

The energy taken from the basic energy level of the medium for the formation of a vortex funnel and concentrated in the zone of existence of the vortex is the free energy of the material world, while the energy concentrated in the head of a stably existing vortex

(material particle) is the energy bound in this material particle.

According to Einstein, the relationship between the mass of a material object and the energy associated (bound) in it is determined by the equation  $E=mc^2$ . For objects of varying degrees of stability the relationship between mass and energy can be expressed by the equation  $E=m^RA \setminus$ .

Thus, the energy taken from the basic energy level for the formation of a vortex funnel lowers the basic energy level of the medium in the zone of existence of the funnel, creating a gradient of the energy potential of the medium and forming a kind of “energy pit” into which any material objects that is in the field of action of the funnel slides down.

The centripetal forces arising from the rotation of the vortex funnel act on any material object that is in the zone of the rotating vortex, directing it towards the axis of the vortex, i.e. to the zone with the lowest energy level of the medium. This is presented as the attraction of this material object to the material particle, which is the center of the vortex.

The effect of attraction of material objects to each other is perceived as a property of their gravitational interaction, although the material objects themselves do not exert any gravitational attraction of material particles, and their pulling together (the phenomenon of mutual gravitation) determined by the effect of dumping them into the zone with the lowest energy level of the medium.

It should be noted that the appearance of a vortex funnel generates in the surrounding isotropic basic medium the occurrence of local fluctuations in the energy level (like waves diverging from a stone being thrown into water). These wave vibrations, rotating under the influence of the rotation of the vortex funnel, create a kind of “ethereal halo” around it. The energy spent on the formation of this “ethereal halo” around

any material object is anisotropic energy which can be considered as “dark energy” \setminus.

The boundary of the zone of influence of a material object should be considered the distance from the axis of the vortex at which the energy level of the funnel (decreasing as it moves away from the axis of the vortex) becomes equal to the energy level of the “ethereal halo”.

Outside the sphere of influence of the vortex funnel and the “ethereal haloes”, the energy level of the medium returns to its original level which is the basic energy basis of gravity (BEL).

### 3. Conclusion. Gravity

Based on the presented ideas, the following conclusions can be drawn:

- material objects are not sources of gravitational radiation and do not form gravitational fields in space with a finite or infinite speed;
- material objects do not bend space (space is a geometric concept and is not a material entity to which the ability to bend, expansion-compression or torsion could be applied);
- gravitational fields do not consist of any special particles (such as gravitons, etc.).

Thus the presented concepts allow us to formulate the following definition of the concept of gravity:

Gravity is a phenomenon of mutual attraction of material objects due to their gravitation in the direction of the lowest energy level of the medium under the influence of the energy potential gradient.

### Список литературы:

Руденский А.В. «О темной энергии, Земле, космосе...», М, Инфра-М, 2020, с. 65.

### References:

Rudensky A.V. “Dark energy, Earth, Space...”, M., Infra-M, 2020, p.65.

# Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки

Ежемесячный научный журнал  
№ 3 (96)/2022 Том 1

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**Макаровский Денис Анатольевич**

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Штерензон Вера Анатольевна**

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

**Синьковский Антон Владимирович**

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

**Штерензон Владимир Александрович**

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

**Зыков Сергей Арленович**

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

**Дронсейко Виталий Витальевич**

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович  
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:  
198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая, д. 44, к. 1, литера А  
E-mail: [info@euroasia-science.ru](mailto:info@euroasia-science.ru) ;  
[www.euroasia-science.ru](http://www.euroasia-science.ru)

Учредитель и издатель ООО «Логика+»  
Тираж 1000 экз.