

3. Нурдін, Є. Запорука ефективності тваринництва – вчасне технічне обслуговування доїльного обладнання / Є. Нурдін, Г. Гнатюк // Пропозиція. – 2007. – №11. – С. 16-18.
4. Алієв, Е.Б. Дослідження спрацьованості дійної гуми доїльного апарата з урахуванням теорії старіння на основі плоскої задачі / Е.Б. Алієв // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві. – 2010. – № 5, 6. – С. 205-212.
5. Milking machine installations: ISO 3918. – Vocabulary. The International for Standardization Organization, Geneva, Switzerland, 2007.
6. Milking machine installations – Construction and performance: ISO 5707. – The International for Standardization Organization, Geneva, Switzerland, 2007.
7. Milking machine installations – Mechanical tests: ISO 6690. – The International for Standardization Organization, Geneva, Switzerland, 2007.
8. Крусь, Г.Н. Методы исследования молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусь. – М.: Колос, 2000. – 370 с.
9. Шалыгина, А.М. Общая технология молока и молочных продуктов / А.М. Шалыгина, Л.В. Калинина. – М.: Колос, 2000. – 202 с.
10. Луценко, М.М. Перспективні технології виробництва: монографія / М.М. Луценко, В.В. Іванишин, В.І. Смоляр. – Київ: Академія, 2006. – 192 с.
11. Смоляр, В.І. Діагностика маститу як спосіб оздоровлення корів та отримання якісного молока / В.І. Смоляр // Молочное дело. – 2005. – №2.
12. Vishweshwar, K. Quality control of milk and processing / K. Vishweshwar, N. Krishnaiah. – India: Sindoor Graphics, 2005. – 235 p.

УДК 631.3.02.004.67

**А.П. Кастрюк, В.П. Иванов**  
*(УО «Полоцкий государственный университет»,  
 г. Полоцк, Республика Беларусь)*

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ  
 ПРОЦЕССЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ  
 ДЕТАЛЕЙ КЛАССА  
 «ПОЛЫЕ ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ»**

**Введение**

К типовым деталям класса «полые тела вращения» относят гильзы цилиндров и поршневые пальцы. Эти детали работают под действием больших нагрузок в условиях граничного трения, они вносят существенный вклад в надежность агрегатов, составными частями которых являются. Рабочие поверхности деталей – внутренние и (или) наружные цилиндрические поверхности. Восстановление деталей с нанесением покрытий на изнашиваемые поверхности связано со значительными затратами на приобретение ремонтных материалов.

Цель работы заключалась в обосновании процессов восстановления деталей класса «полые тела вращения», обеспечивающих их нормативную надежность при наименьшем расходе производственных ресурсов.

**Характеристика восстанавливаемых деталей**

Распространенные материалы для изготовления вставных гильз цилиндров: серый СЧ24, износостойкий чугу́н ИЧГ-33М твердостью 190–250 НВ (390–580 НВ после закалки) или легированная сталь. Допуск на диаметр рабочей поверхности +0,06 мм, в пределах этого допуска детали сортируют на несколько (до пяти) размерных групп. Овальность и конусообразность поверх-

ности – не более 0,01 мм, а шероховатость  $Ra$  – 0,08–0,32 мкм. Биение торцов и поясков относительно поверхности зеркала цилиндра – не более 0,08 мм. Изнашиванию подвержено зеркало цилиндра. Центрирующие пояски и стыковые плоскости деформируются.

Поршневые пальцы изготовлены из стали 15Х или стали 45, исходный материал в состоянии поставки проходит улучшение. Рабочая поверхность пальцев закалена ТВЧ до твердости 58 HRC на глубину 1,0–1,5 мм. Деталь имеет допуск наружного диаметра  $-0,010$  мм, шероховатость рабочей поверхности  $Ra$  – 0,16 мкм, допуск массы – 2 г. Повреждения поршневого пальца – износ рабочей поверхности. До 25% деталей ремонтного фонда находятся в допустимых значениях диаметра этой поверхности.

### **Обоснование содержания процессов восстановления деталей**

Обследование ремонтного фонда показывает, что годные гильзы цилиндров, не требующие восстановления, практически не встречаются. Зеркало гильзы цилиндра при наличии припуска обрабатывают под ремонтный размер.

Ремонтную заготовку гильзы цилиндра для получения в последующем номинального размера зеркала цилиндра получают посредством установки дополнительной ремонтной детали (далее – ДРД) в виде закаленной свертной стальной ленты, индукционным припеканием порошков, электроконтактной приваркой стальной ленты или термопластическим обжатием заготовки.

Использование ДРД [1] в виде свертной ленты включает предварительное растачивание восстанавливаемой детали, мерную отрезку стальных полос, свертывание каждой из них в трубу с помощью приспособления на прессе и поочередное (по длине) запрессовывание ДРД в гильзу, хонингование. В качестве материала ДРД применяют термически обработанную ленту из стали марок У8А, У10А, 70С2ХА, 65Г и др. Толщина ленты – 0,6–0,8 мм. Длина заготовки полосы соответствует длине развертки восстанавливаемого цилиндра по окружности с учетом натяга, необходимого для закрепления ДРД в цилиндре. Следует отметить, что запрессовывание ДРД в гильзу создает ее напряженное состояние, в результате которого наружный диаметр центрирующего пояска увеличивается на 0,05–0,15 мм.

Гильзу при центробежном индукционном напекании порошков [2] на ее трущуюся поверхность устанавливают на стенд с горизонтальной осью вращения шпинделя, в гильзу засыпают порцию материала из композиции порошков ПЖ1 и ПГ-10Н-01 в равных долях и включают привод с частотой вращения 350–450  $мин^{-1}$ . Порошок равномерно распределяется по восстанавливаемой поверхности гильзы. В ее отверстие вводят высокочастотный индуктор и включают напряжение. В течение 1,0–1,5 мин порошок нагревается и припекается к гильзе. Выключают нагрев, а спустя 1,2–2,0 мин – привод вращения. Утверждают, что долговечность обработанных гильз с таким покрытием в 2–3 раза больше, чем гильз без покрытия, обработанных под ремонтный размер.

Электроконтактная приварка стальной ленты на поверхность цилиндра [3] обеспечивает прочное соединение ленты с деталью, хороший теплоотвод от зеркала цилиндра в тело гильзы и отсутствие зазоров в стыках ленты. Внутреннюю поверхность гильзы растачивают, в нее вставляют ленту, которую приваривают на установке 011-1-06 «Ремдеталь». Способ позволяет неоднократно восстанавливать гильзы, в том числе расточенные до одного из ремонтных размеров. Преимущества приварки: небольшой нагрев детали, возможность приварки ленты с внедрением твердых сплавов и высокая производительность.

Имеются два варианта термопластического обжатия заготовок типа гильз. Первый вариант заключается в нагреве заготовки, установленной в жесткий охватывающий цилиндр, и последующем охлаждении. Второй вариант реализуют в установках [4, 5], каждая из которых включает высокочастотный генератор, индуктор со спреером, устройство возвратно-поступательного и вращательного движений гильзы. Гильзу устанавливают на стол, которому сообщают вращение и поступательное движение сверху вниз. Подают ток высокой частоты на индуктор и охлаждающий раствор в спреер. Участок гильзы напротив индуктора нагревают до температуры 840–880°С, а из спреера непрерывно поступает охлаждающий раствор на участок гильзы ниже нагреваемого. При равномерном перемещении индуктора со спреером относительно гильзы создаются квазистационарное тепловое поле в ее материале и значительный осевой температурный градиент, который обеспечивает равномерное пластическое обжатие гильзы под действием внутренних напряжений, создающее припуск на ее восстанавливаемой поверхности. Длительность процесса – 5–6 мин, значение обжатия – 0,9–1,0 мм. Ресурс восстановленной гильзы составляет 85–90% от ресурса новой детали.

Возможно также нанесение на зеркало цилиндра хромовых, железных, железифосфорных и железоникелевых покрытий электрохимическим способом. Припуск на центрирующем пояске гильзы создают с помощью дугового напыления на установке модели 01.15.102 «Ремдеталь».

Восстановление плоскостности рабочего торца гильзы возможно путем его подрезки на 1 мм под установку компенсирующего кольца такой же толщины при узловой сборке гильз с блоком цилиндров.

Обработка резанием зеркала гильзы цилиндра состоит из ее растачивания и (или) хонингования. Заготовку при обработке устанавливают в пневматическом приспособлении. Перпендикулярность оси зеркала гильзы и допустимое биение ее центрирующего пояска относительно зеркала цилиндра обеспечивают базированием и обработкой.

Гильзу цилиндра диаметром 90–120 мм растачивают резцами с пластинками из твердого сплава ВК-3 или ВК-6 при частоте вращения шпинделя 300 мин<sup>-1</sup> и подаче 0,05–0,10 мм/об на вертикально-расточном станке 2Е78П, СОЖ–Аквол-11. Производительность обработки увеличивается, а шерохова-

тость поверхности уменьшается за счет применения инструмента из сверхтвердых материалов, например Эльбора-Р при частоте вращения шпинделя  $750 \text{ мин}^{-1}$  или гексанита-Р при частоте  $1200 \text{ мин}^{-1}$ . При обработке деталей инструментом из сверхтвердых материалов СОЖ не применяют.

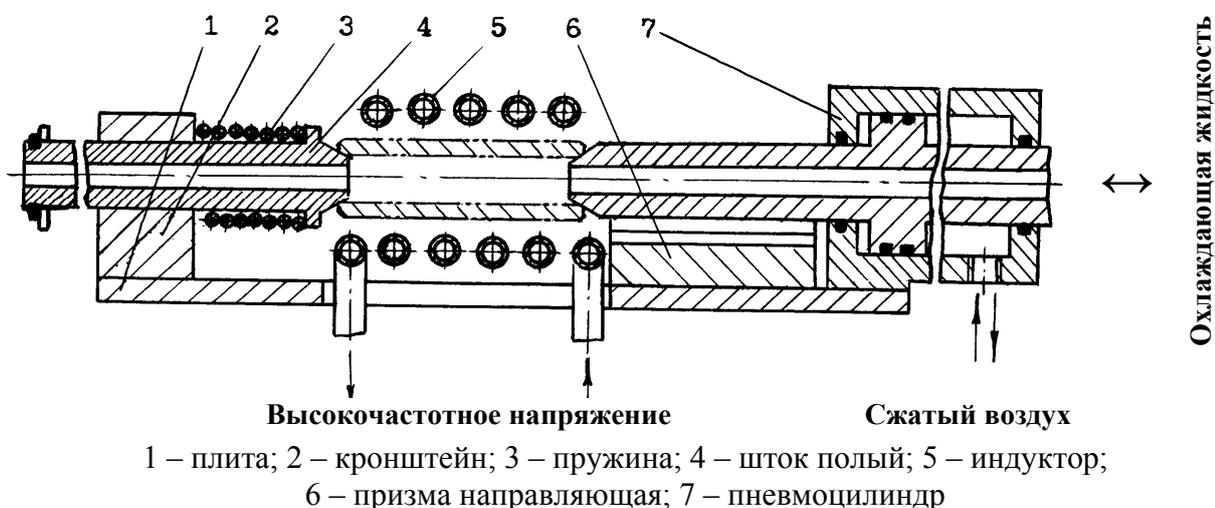
Плосковершинное хонингование гильз цилиндров в два перехода обеспечивает микропрофиль поверхности с впадинами-рисками и чередующимися площадками. Впадины-риски получают в первом переходе при использовании брусков с искусственными алмазами АСК зернистостью 250/160 или 200/160 на металлической связке М1. Глубина впадин составляет 7–10 мкм. Во втором переходе применяют бруски с алмазами АСО зернистостью 28/20 или 20/14. Шероховатость опорной поверхности между рисками составляет  $Ra 0,32 \text{ мкм}$ .

Приработочный износ гильз уменьшается в 3 раза при внедрении антифрикционного хонингования, которое заключается в том, что после двух операций хонингования (чернового и чистового) поверхность обрабатывают брусками, содержащими приработочные антифрикционные материалы (графит, дисульфид молибдена). Для закрепления покрытия на зеркале цилиндра в зону обработки вводят порцию водорастворимого полимера «Композит-81» через отверстия хонинговальной головки.

На контрольной операции перспективно применение пневматических длиномеров для измерения внутреннего диаметра и конусообразности отверстий гильз цилиндров, а также для сортировки их на размерные группы.

Ремонтную заготовку поршневого пальца получают нанесением хромового электрохимического покрытия на его трущуюся поверхность, электрогидравлической [6, 7] или термопластической раздачей.

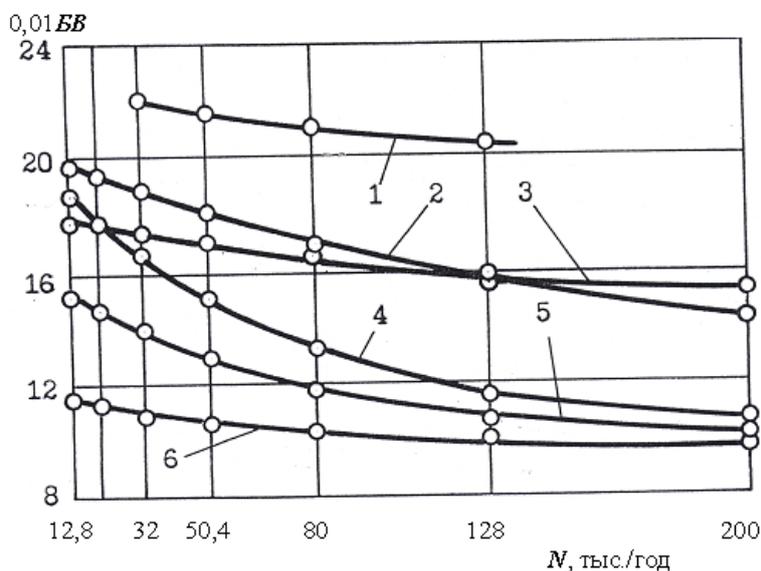
Наиболее перспективная термопластическая раздача заготовок, протекающая на предложенном нами стенде (рисунок 134), заключается в том, что заготовку нагревают снаружи вихревыми токами, возбуждаемыми индуктором, до температуры выше  $A_{с3}$ , а затем охлаждают изнутри потоком жидкости, подаваемой через отверстия штоков.



**Рисунок 134 – Схема устройства для термопластической раздачи поршневых пальцев**

Внутренние кольцевые слои материала, охлаждаясь, стремятся уменьшиться в диаметре, но им препятствуют нагретые наружные слои, поэтому внутренние слои пластически растягиваются и увеличиваются в диаметре по сравнению с первоначальным размером в холодном состоянии. При дальнейшем охлаждении внутренние слои утрачивают пластичность и превращаются в жесткую «оправку», которая препятствует уменьшению диаметров наружных слоев. Для того чтобы диаметры концов заготовки имели одинаковые значения, нагрев ее повторяют с изменением направления движения охлаждающей жидкости на противоположное. Процесс протекает с одновременной закалкой материала. Приращение диаметра поршневых пальцев составляет 0,1–0,3 мм, чего достаточно для компенсации износа и припуска на шлифование заготовки.

### Обоснование технических решений



1 – хромированием; 2 – индукционной приваркой металлических порошков; 3 – установкой ДРД; 4 – электроконтактной приваркой металлического покрытия; 5 – термопластическим обжатием; 6 – использованием поверхностного слоя металла

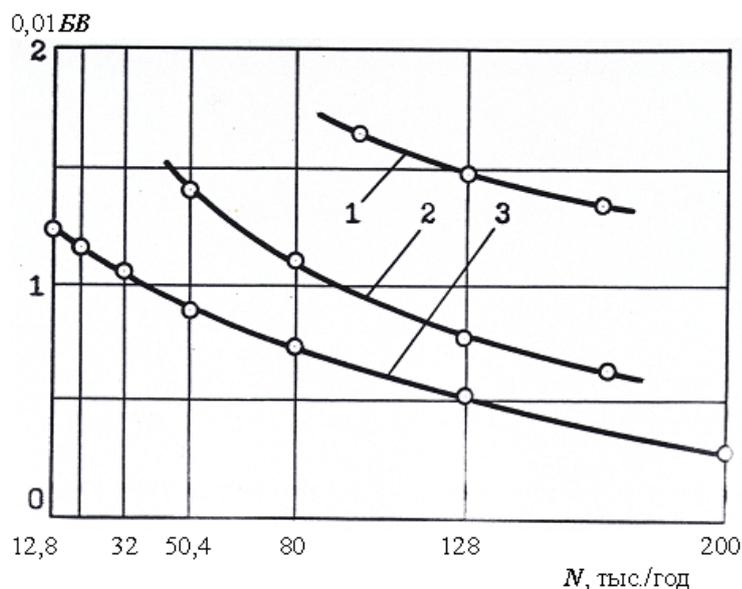
**Рисунок 135 – Зависимости затрат в БВ от объемов восстановления N на создание припусков в отверстиях гильз цилиндров**

технологическую операцию создания припусков выражались в долях базовой величины (далее – БВ).

Наибольшие затраты при всех объемах ремонта сопряжены с нанесением электрохимических покрытий, а наименьшие – с использованием в качестве припуска поверхностного слоя металла (для обработки под ремонтный размер). Сопоставление между собой других способов показало следующее. При небольших объемах восстановления гильз (10–20 тыс. в год) наименьшие затраты обеспечивает термопластическое обжатие; примерно сопоставимые, но

Основная трудоемкость при создании ремонтной заготовки гильзы цилиндра приходится на создание припусков на внутренней цилиндрической поверхности. Сравнивались между собой варианты создания припусков на этой поверхности (рисунок 135): использование поверхностного слоя металла; установка с закреплением силами упругости тонкостенных ДРД; индукционная приварка металлических порошков; электроконтактная приварка металлического слоя; термопластическое обжатие; хромирование. Затраты на

в 1,3 раза большие затраты дают электроконтактная приварка металлического слоя и установка ДРД. При объемах восстановления деталей 20 тыс. в год меняется соотношение затрат при использовании ДРД и электроконтактной приварки металлического покрытия в пользу применения последнего способа. При превышении объемов восстановления деталей 130 тыс. в год индукционная приварка металлических порошков становится более эффективной по сравнению с установкой ДРД. Нанесение хромовых покрытий при восстановлении гильз цилиндров не может конкурировать ни с одним из рассматриваемых способов.



1 – электрогидравлической раздачей; 2 – нанесением хромового покрытия; 3 – термопластической раздачей

**Рисунок 136 – Зависимости затрат в БВ от объемов восстановления N на создание ремонтных заготовок поршневых пальцев**

Соотношение затрат на создание ремонтных заготовок поршневых пальцев различными способами представлено на рисунке 136. Наименьшие затраты при всех объемах ремонта обеспечивает термопластическая раздача, а наибольшие – восстановление с применением электрогидравлической раздачи. Нанесение хромового гальванического покрытия, широко применяемое в производстве, занимает промежуточное место.

### Заключение

Если исчерпана возможность использования ремонтных размеров при восстановлении деталей класса «полые тела вращения», то их ремонтные заготовки целесообразно получать путем пластического деформирования материала с помощью предложенных средств и процессов. Процессы восстановления в этом случае характеризуются отсутствием необходимости применения присадочных материалов, которые обладают большой стоимостью. Разница в затратах на восстановление одной детали различными способами большая при малых объемах восстановления, она уменьшается при увеличении объемов ремонта.

02.03.11

### Литература

1. Скрипник, О.В. Восстановление гильзы блока цилиндров двигателя ЗМЗ-53 / О.В. Скрипник // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1986. – № 5. – С. 56-57.

2. Пономаренко, А.И. Установка для восстановления гильз цилиндров двигателя автомобиля ГАЗ-53А способом центробежного напекания порошкового материала / А.И. Пономаренко, Х.И. Ильямов // Ремонт машин и технология металлов. – М.: МИИСП, 1979. – Вып. 7. – С. 68-70.
3. Иванов, В.П. Технология и оборудование восстановления деталей машин: учебник / В.П. Иванов. – Минск: Техноперспектива, 2007. – 458 с.
4. Меркулов, Е. Пластическое деформирование гильз / Е. Меркулов, Б. Гомзяков // Автомобильный транспорт. – 1980. – № 9. – С. 46.
5. Костюков, Ю.Л. Термопластическое восстановление гильз цилиндров / Ю.Л. Костюков, А.И. Фединчик // Техника в сельском хозяйстве. – 1981. – № 12. – С. 49-51.
6. Каспарянц, А.Г. Использование электрогидравлического эффекта для восстановления поршневых пальцев / А.Г. Каспарянц, В.А. Какуевичкий // Автомобильный транспорт. – 1982. – № 8. – С. 34-37.
7. Какуевичкий, В.А. Ресурсосберегающие технологии восстановления деталей автомобилей / В.А. Какуевичкий. – М.: Транспорт, 1993. – 176 с.

УДК 620.92:579.66:63

**А.Л. Тимошук, В.А. Чернобай**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь);*

**В.В. Чумаков**

*(НП РУП «Унихимпром БГУ»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

## **ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЛЛЕТ ИЗ ОТХОДОВ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА**

Дефицит энергоносителей в целом по миру и для стран Европы в частности ускоренными темпами приводит к повышению цен на них и, как следствие, к поиску альтернативных источников энергии. Наряду с технологией экономного использования традиционных видов топлива (нефти, газа, угля) развивается новое направление – биоэнергетика, в основе которого лежит использование возобновляемого сырья растительного происхождения.

Пеллеты из отходов растениеводства, в том числе из рапсовой соломы, наряду с древесными гранулами рассматриваются в Европе как топливо будущего, и число его производителей растет с каждым годом.

Максимальное использование местных альтернативных источников энергетического сырья важно и для нашей страны.

Концепцией энергетической безопасности и повышения энергетической независимости Республики Беларусь определено внедрение технологий производства твердого биотоплива и оборудования для его изготовления [1].

В условиях Беларуси пеллеты целесообразно производить из соломы рапса, которая в настоящее время в республике не является товарным продуктом и не используется.

Пеллета из соломы – это нормированное цилиндрическое спрессованное изделие диаметром 6–10 и длиной примерно 20–50 мм. Гранулы производятся без химических закрепителей под высоким давлением.