

УДК 621.77.014

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСЕВОГО УСИЛИЯ ПРИ ОБЪЕМНОМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОМ ДОРНОВАНИИ

**Морозов А. В.,** доктор технических наук, доцент,

**Кнюров А. А.,** аспирант,

тел.: 8 (8422) 55-95-97, alexeikn@mail.ru

**ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

***Ключевые слова:** наружная цилиндрическая поверхность, износ, восстановление, объёмное электромеханическое дорнование, экспериментальное исследование*

*Работа посвящена исследованию осевых усилий при восстановлении наружных гладких цилиндрических объёмным электромеханическим дорнованием (ОЭМД). Установлено, что с увеличением натяга  $i$  и относительной толщины стенки –  $C$ , также увеличивается осевое усилие дорнования, его максимальное значение составило 4,92 кН (при:  $C = 2$  и  $i = 1,2$  мм), минимальное – 0,37 кН (при:  $C = 1,4$  и  $i = 0,4$  мм). Результаты исследования позволяют определить необходимые параметры оборудования и оснастки для осуществления ОЭМД.*

**Введение.** Восстановление гладких наружных цилиндрических поверхностей, является одной из наиболее распространенных задач при ремонте сельскохозяйственной техники. Износы данных поверхностей в 85% составляют 0,02...0,4 мм. [1]. Существующие методы восстановления данных поверхностей, применяемые на предприятиях агропромышленного комплекса России, имеют некоторые недостатки, в связи с чем их применение на данный момент ограничено. В связи с этим, нами был разработан и запатентован новый способ восстановления наружных гладких цилиндрических поверхностей деталей сельскохозяйственной техники.

Разработанный способ предполагает увеличение диаметра изношенной поверхности за счет перемещения металла из нерабочих зон восстанавливаемой детали, посредством объёмного электромеханического дорнования (ОЭМД) с электроконтактным нагревом [2, 3].

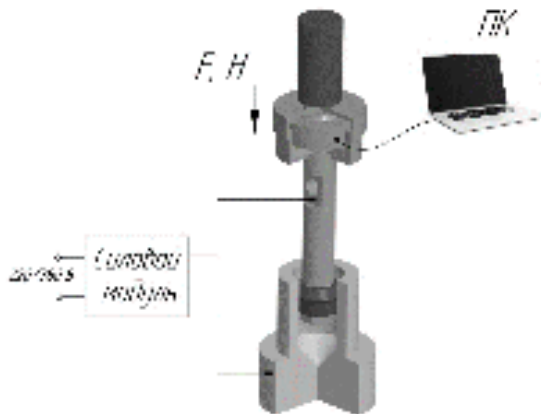
Реализовывать данный способ позволяют токарно-винторезные и вертикально-фрезерные станки, которые широко распространены в мастерских отечественных предприятий АПК.

**Материалы и методы исследований.** Для определения параметров оборудования и оснастки для осуществления ОЭМД проводили лабораторные экспериментальные исследования осевого усилия дорнования. При ОЭМД одним из ключевых параметров, оказывающих влияние на осевое усилие, является относительная толщина стенки –  $C$ , которая представляет собой отношение диаметра восстанавливаемого участка к диаметру осевого отверстия. Для проведения экспериментальных исследований были изготовлены три группы образцов с относительными толщинами стенок:  $C = 2$ ;  $C = 1,7$  и  $C = 1,4$ . ОЭМД выполняли для каждой группы экспериментальных образцов с натягами  $i = 0,4$  мм;  $i = 0,6$  мм;  $i = 1,2$  мм.

Для проведения экспериментальных исследований были изготовлены ступенчатые цилиндрические заготовки из стали 45. Выбранная марка стали является одной из самых распространенных, используемых для производства деталей с наружными гладкими цилиндрическими поверхностями. Предварительно высверливали глухие осевые отверстия в экспериментальных образцах с диаметрами, соответствующими  $C = 2$ ;  $C = 1,7$  и  $C = 1,4$ . Глубина отверстий составляла 70 мм. Общая длина образцов составляла 100 мм, при этом восстанавливаемый участок имел длину 50 мм и диаметр 39,5 мм. При выборе и размеров образцов учтены наиболее распространённые размеры и величины износов гладких цилиндрических поверхностей деталей, применяемых в сельскохозяйственной технике.

Экспериментальные исследования осевого усилия проводили на вертикально-фрезерном станке 6В11 при помощи специально изготовленного инструмента с дорном из ВК8. Конструкция инструмента позволяла фиксировать осевое усилие при дорновании в реальном времени.

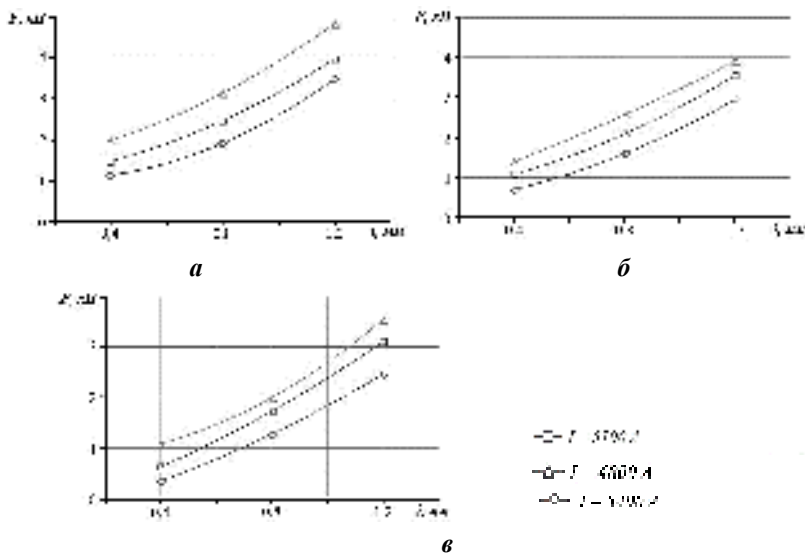
Экспериментальный образец фиксировали в трехкулачковом самоцентрирующем патроне, который в свою очередь был закреплён на столе станка. Державка устанавливалась в шпиндель станка. Для обеспечения надежного контакта, первоначально дорн прижимали к осевому отверстию экспериментального образца с усилием 50 Н, после чего включали подачу электрического тока на деталь и инструмент, вследствие чего происходил нагрев деформируемого объёма экспериментального образца. После чего обеспечивали движение инструмента в осевом направлении со скоростью 33 мм/мин. Скорость движения выбрана на основании ранее проведенных исследований процесса ОЭМД и кинематики используемого станка [4,5,6,7]. Схема процесса измерения осевого усилия в процессе ОЭМД представлена на рисунке 1.



**Рис. 1 – Схема измерения осевого усилия**

Показания тензодатчика отображались в реальном времени на мониторе компьютера, а также сохранялись на жестком диске с целью их последующего анализа. Измерения диаметра осевого отверстия проводили индикаторным нутромером повышенной точности с ценной деления 0,01 мм, настройка которого осуществлялась по плоскопараллельным концевым мерам длины второго класса. Измерение наружного диаметра экспериментального образца до и после ОЭМД выполняли механическим микрометром с диапазоном измерения 25...50 мм и ценой деления 0,01 мм.

**Результаты и их обсуждение.** Расхождение расчетных значений осевых усилий с результатами экспериментальных исследований в среднем составило 7,6 %, что обусловлено суммарными погрешностями изготовления экспериментальных образцов и дорнов. На основании полученных результатов были построены графики, представленные на рисунке 2.



**Рис. 2 – Зависимость осевого усилия от силы тока и натяга, при  $v = 33$  мм/мин: а –  $C = 2$ ; б –  $C = 1,7$ ; в –  $C = 1,4$**

Основываясь на данных, полученных при проведении исследований можно сделать вывод, что с увеличением натяга  $i$  и относительной толщины стенки  $-C$ , также увеличивается осевое усилие перемещения инструмента. Максимальное осевое усилие дорнования при экспериментальном лабораторном исследовании составило 4,92 кН (при:  $C = 2$  и  $i = 1,2$  мм), минимальное – 0,37 кН (при:  $C = 1,4$  и  $i = 0,4$  мм), при моделировании 4,87 кН и 0,36 кН соответственно. Проведенные исследования показали, что для осуществления ОЭМД могут применяться вертикально-фрезерные и токарно-винторезные станки, широко распространенные на отечественных предприятиях АПК.

**Заключение.** Полученные данные исследования позволили оценить эффективность электроконтактного нагрева при ОЭМД, а также позволяют определить необходимые параметры оборудования и оснастки для реализации разработанного способа восстановления. Таким образом, ОЭМД представляет собой перспективное направление в области восстановления деталей сельскохозяйственной техники. Результаты работы могут быть использованы предприятиями, занимающимися производством и ремонтом сельскохозяйственной техники, для повышения эффективности производства.

### **Библиографический список:**

1. Батищев, А.Н. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники. / А.Н. Батищев, И.Г. Голубев, В.П. Лялякин // – М: Информагротех, 1995. – 294с.
2. Морозов, А.В. Анализ способов восстановления посадочных шеек валов и осей под подшипники качения / А. В. Морозов, А. А. Кнуров, Л. Л. Хабиева, Н. И. Шамуков // Материалы XI Международной научно-практической конференции, Ульяновск, 23–24 июня 2021 года. Том 2021-3. – Ульяновск: УлГАУ им. П.А. Столыпина, 2021. – С. 65-74.
3. Морозов, А. В. Способы восстановления гладких цилиндрических поверхностей тяжело нагруженных деталей перемещением металла из нерабочих зон / А. В. Морозов, А. А. Кнуров // Международная научно-практическая конференция, 28 октября 2021 года. – Мичуринск-наукоград РФ: Мичуринский ГАУ, 2021. – С. 163-166.
4. Морозов, А. В. Влияние режимов объемного электромеханического дорнования на теплонасыщение деформируемого объема / А. В. Морозов, А. А. Кнуров, М. А. Карпенко [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 10. – С. 394-399.
5. Морозов, А. В. Моделирование процесса теплонасыщения деформируемого участка детали при объёмном электромеханическом дорновании / А. В. Морозов, А. А. Кнуров, А. Е. Абрамов, Л. Л. Хабиева // Национальная научно-практическая конференция с международным участием, посвященной 80-летию Ульяновского государственного

аграрного университета имени П.А. Столыпина, Ульяновск, 15 декабря 2022 года. – Ульяновск: УлГАУ им. П.А. Столыпина, 2022. – С. 889-895.

6. Морозов, А. В. Экспериментальное исследование процесса теплонасыщения деформируемого участка детали при объёмном электромеханическом дорновании / А. В. Морозов, А. А. Кнуров, А. Е. Абрамов, Л. Л. Хабиева // Национальная научно-практическая конференция с международным участием, посвященной 80-летию Ульяновского государственного аграрного университета имени П.А. Столыпина, Ульяновск, 15 декабря 2022 года. – Ульяновск: УлГАУ им. П.А. Столыпина, 2022. – С. 896-903.

7. Морозов, А.А. Увеличение диаметра наружной гладкой цилиндрической поверхности при объёмном электромеханическом дорновании / А. А. Морозов, А. А. Кнуров, Л. Л. Хабиева // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 01 декабря 2022 года. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. – С. 30-33.

8. Надежность и ремонт машин: Учеб. для студентов вузов по агроинженер. специальностям / [В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; Под ред. В.В. Курчаткина. - Москва: Колос, 2000. – 775 с.: ил.

9. Аскинази, Б.М. Упрочнение и восстановление деталей электромеханической обработки. – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1989. - 200 с.

10. Повышение эффективности отделочно-упрочняющей электромеханической обработки применением инструментальных материалов из безвольфрамовых твердых сплавов / Г. Д. Федотов, А. В. Морозов, В. П. Табаков, А. И. Анисеев // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2014. – № 3(111). – С. 24-30.

11. Морозов, А. В. Качество прессового соединения, полученного объёмным электромеханическим дорнованием бронзовых втулок в замкнутом объеме / А. В. Морозов, А. Е. Абрамов, А. В. Байгулов // Научное обозрение. – 2013. – № 1. – С. 91-96.

## EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE AXIAL FORCE UNDER VOLUME ELECTROMECHANICAL BURNING

**Morozov A.V., Knyurov A.A.**

**Key words:** *external cylindrical surface, wear, restoration, volumetric electromechanical burnishing, experimental study*

*The work is devoted to the study of axial forces during the restoration of external smooth cylindrical volumetric electromechanical burnishing (EMB). It has been established that with an increase in preload  $i$  and relative wall thickness -  $C$ , the axial burnishing force also increases, its maximum value was 4.92 kN (at:  $C = 2$  and  $i = 1.2$  mm), the minimum - 0.37 kN (at:  $C = 1.4$  and  $i = 0.4$  mm). The results of the study make it possible to determine the necessary parameters of equipment and tooling for the implementation of EMB.*