

## АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Берикбаевой Меруерт Амирхановны  
«Повышение качества внутренней поверхности гидроцилиндров путем  
комбинированной обработки»,  
представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD)  
по специальности: 6D071200 - «Машиностроение»

**Актуальность работы.** Развитие машиностроительной отрасли является одним из важных показателей технологического уровня промышленности по всему миру. Машиностроение оказывает эффективное влияние на развитие других смежных отраслей промышленности, обеспечивая занятость большей части населения и конкурентоспособность экономики как регионов, так и государства в целом.

В Казахстане, как и во всем мире, развитие машиностроительной отрасли играет важную роль в экономическом росте. Развитие машиностроения повысит производительность в ряде других секторов промышленности и улучшит технологический и технический уровень на действующих промышленных организациях.

Модернизация действующих предприятий современным оборудованием, создание новых предприятий для выпуска конкурентоспособной продукции международного стандарта, решение вопросов по совершенствованию ремонтных производств, является основной для промышленного машиностроения.

Развитие современного отечественного машиностроения и промышленных предприятий регионов, подразумевает совместное развитие современных технологий во всех направлениях отечественной науки, а также подготовку квалифицированных кадров на всех уровнях производства.

При разработке диссертации была поставлена задача для решения вопроса по анализу и дальнейшей разработке технологии и методики для изготовления гидравлических силовых цилиндров (силовой части), с производственной и научной точек зрения.

Анализ исследований казахстанских ученых и зарубежных специалистов, в области гидравлики в машиностроении, показал, что разработка технологических решений для улучшения и повышения эксплуатационных свойств гидравлических цилиндров в механизированных подъемных устройствах с применением специальных отделочно-упрочняющих методов является актуальной и обуславливается проведением исследований и работ в данном направлении.

Производство конкурентоспособного оборудования и агрегатов для промышленности является основной составляющей, одного из технологически развитых секторов тяжелого машиностроения – горного машиностроения.

Основанием для разработки темы данной диссертационной работы служит решение технологических задач при изготовлении силовых

гидравлических агрегатов, с применением метода комбинированной обработки поверхности.

Постоянный рост технологического прогресса машиностроительной отрасли, а также увеличение производительности труда устанавливает ряд задач по созданию материально-технической базы.

Решение поставленных задач, для достижения целей, осуществляется внедрением в промышленные комплексы автоматизированные производственные процессы (АПП), применять современные разработки в области данной науки и техники, и увеличивать механизацию работ на предприятиях. При небольших габаритах современные промышленные машины отличаются высокой энергоемкостью элементов конструкции. Определенно, одним из таких элементов является гидравлический силовой агрегат (гидроцилиндр), который своими характерными показателями считается довольно простым по конструкции, а также достаточно надежным устройством при реализации движения возвратно-поступательном действия, в сравнении с типовыми или схожими типами приводов, например, электроприводов. Гидравлический привод – является преобразовательным оборудованием, которое предназначено для движения машин и элементов их механизмов методом сжатия рабочей жидкости и направлением его в систему.

Разработка технологии ремонта и восстановления гидравлических цилиндров с применением комбинированного метода обработки для повышения качества рабочей поверхности является востребованной и актуальной.

**Планируемый научно-технический уровень разработки, патентных исследованиях** определяется полнотой проведенного литературного обзора патентного поиска по проблемам изготовления, ремонта и восстановления гидравлических цилиндров, разработкой и выбором методик проведения исследований в данной области, а также проведением и организацией необходимых экспериментов в диссертации.

На аналитической основе открытых источников по патентам рассмотрены основные эффективные методики использования новых технологических решений по обработке гидроцилиндров, а также технологии и качество производства и ремонта гидравлических цилиндров подъемных машин. В диссертационной работе приведены результаты научного анализа текущего состояния научно-технической проблемы и патентных исследований в области изготовления гидравлических цилиндров.

Гидравлические цилиндры являются неотъемлемой частью механизированного комплекса промышленности различных сфер и направлений. Гидравлические цилиндры выполняют функцию опорного элемента при подъеме решетки и обеспечивают удержание на заданной высоте необходимое время. Таким образом, обоснование и изучение процесса получения отверстий комбинированным инструментом с прогнозируемыми свойствами позволяет, определить границы рационального использования разрабатываемого инструмента на основе стандартных существующих вариантов.

Как следствие, увеличение надежности и долговечности гидроцилиндров для механизированных подъемных устройств и транспортной техники за счёт рационализации действующей конструкции и усовершенствования действующего технологического процесса является актуальной задачей в диссертации.

- Получение внутренней поверхности обрабатываемых отверстий в деталях типа «тело вращения», отвечающих требованиям повышенной износостойкости, которые находят применение во многих машинах и механизмах, работающих в тяжелых условиях – актуальная задача современных методов металлообработки.
- Особый научный интерес имеют методы и способы поверхностного пластического деформирования, с применением сборного металлорежущего инструмента для обработки внутренней поверхности цилиндрических деталей на предприятии.
- Гидравлические цилиндры являются главным узлом при передаче и преобразовании энергии, сопряжения которых обеспечивают работоспособность технологических устройств, по этой причине к рабочим поверхностям предъявляются высокие требования качества для изготовления деталей.
- Поломке или выходу из строя гидроцилиндров могут служить агрессивная среда, конструкционные и технологические параметры. При изменении конструкционных параметров недостаточно обеспечивается прочность элементов конструкции стойки, гидроцилиндра, что приводит к разрушениям и деформациям под действием нагрузок. При изменении технологических параметров так же недостаточно обеспечивается требуемая износостойкость основных рабочих сопрягаемых поверхностей, работающих в паре трения, технологическими процессами на этапе изготовления этих деталей на металлорежущих станках.

**Цель диссертационного исследования** заключается в разработке инновационной технологии обработки внутренней поверхности гильзы гидроцилиндра с применением комбинированного инструмента для повышения её качества, путем уменьшения шероховатости поверхности гильзы и увеличения твердости поверхностного слоя.

**Объект исследования.** Гидравлический цилиндр для подъема и опускания элементов систем подъемно-транспортного оборудования для ремонтных и строительных работ. Устройство работает как в легких, так и в тяжелых условиях таких как запыленность воздуха, изменения окружающей температуры, все условия характерные для разных климатических зон.

**Предмет исследования.** Ряд факторов, оказывающих большое влияние на надежность гидросиловых цилиндров и срок его эксплуатации.

**Задачами исследования,** при выполнении научно-исследовательской работы является:

- выполнение анализа конструктивных особенностей и установить критерии качества гидравлических цилиндров, применяемых в машиностроении;

- исследовать технологический процесс обработки гильз гидроцилиндра для обоснования зависимостей, связывающих показатели получаемой поверхности с режимами комбинированной обработки и конструктивными параметрами инструмента;
- разработать компьютерную модель комбинированного инструмента с учетом оптимальных конструктивных параметров его геометрии и определить предельно-допустимые деформации структуры материала для расчета условий предварительно-напряженного состояния;
- усовершенствовать технологический процесс для изготовления гильзы гидравлического цилиндра с применением разработанного инструмента для деформационно-упрочняющего метода обработки внутренней поверхности гильзы.

**Методы исследования**, используемые в работе, основываются на положениях базовых наук: допуски и посадки, математическая статистика, технология машиностроения, основы конструирования и детали гидравлических машин, теории упруго-пластического деформирования.

Исследования НДС гидравлического цилиндра с использованием программных продуктов и комплексов Solid Works, Deform и КОМПАС-3D проводились на базе лаборатории компьютерного моделирования Северо-Казахстанского университета им. М.Козыбаева.

**Научная новизна работы** заключается в определении связи между условиями эксплуатации и параметрами точности при изготовлении и ремонте гидроцилиндра, позволяющие определить необходимые параметры технологического процесса при изготовлении детали.

- Определены зависимости между высотой микронеровностей ( $R_a$ ), параметры упроченного слоя ( $R_n$ ) и режимами применяемой комбинированной обработки с оптимальными конструктивными параметрами режущего инструмента;
- Разработана модель процесса комбинированной обработки внутренней поверхности отверстия, с обоснованным выбором режимов обработки: скорость  $V$ , подача  $S$  и глубина резания,  $t$ ;
- Определены тепловые и силовые характеристики комбинированного инструмента, ориентированного по направлению полезных сил, возникающих в инструменте в процессе резания.
- Обоснованы оптимальные конструктивно-технологические параметры технологического процесса обработки внутренней поверхности гильзы гидроцилиндра разработанным комбинированным инструментом.
- На основе вышесказанного разработана типовая методика проектирования комбинированных инструментов для обработки внутренней поверхности гильзы гидроцилиндра, а также метод обработки цилиндра гидравлических подъемников, обеспечивающий равномерную работу в паре трения гильзы и поршня гидравлического цилиндра.

**Положения, выносимые на защиту.**

- Обоснованные оптимальные конструктивно-технологические параметры, описывающие влияние технологических режимов комбинированной обработки  $S$ ,  $V$ ,  $t$  на изменение шероховатости  $Ra$  и наклепа поверхностного слоя гильзы гидроцилиндра  $T$ .
- Разработанная конструкция комбинированной развертки для обработки внутренней поверхности гидроцилиндров, на которую получен инновационный патент на полезную модель РК №7082 от 12.01.2022
- Разработанный алгоритм расчета элементов конструкции комбинированной развертки позволяет изготовить инструмент для заданных условий, в соответствии с параметрами точности детали.
- Методика расчета сборного комбинированного инструмента для обработки отверстий.
- Усовершенствованная технология изготовления гильзы гидроцилиндра сокращает количество технологических операций на три и уменьшает затрачиваемое технологическое время на 1,2%, количество используемого режущего инструмента сокращает до двух.

**Практическая значимость работы** заключается в следующем:

- Применение новой технологии изготовления гильзы гидравлического цилиндра с применением комбинированного инструмента увеличивает ресурс работы гидравлического цилиндра на 12,3% за счет создания на поверхности металла гильзы упрочненного слоя с 30 до 45 HRC микротвердости и уменьшением шероховатости до  $Ra$  0,32 мкм;
- Снижение себестоимости гильзы на 2,8%, повышение ресурса работы гидравлического цилиндра на 12,3% обеспечивается применением новой технологии изготовления цилиндра с обработкой резанием и методом поверхностной пластической деформации;
- Разработана модель комбинированной развертки с использованием программы Компас 3D, SolidWorks, Deform позволяет установить напряженно-деформированное состояние разработанного инструмента и выявить местные напряжения для корректировки полученных данных.
- Разработан технологический процесс создания конструкции комбинированного инструмента для обработки отверстий в гидравлических цилиндрах с применением комбинированной развертки;
- Результаты работы применяются в учебном процессе при подготовке обучающихся бакалавриата по ОП «Машиностроение» в Северо-Казахстанском университете им. М.Козыбаева
- Результаты работы используются в учебном процессе при подготовке учебных планов для обучающихся по специальности 6В07101 – «Машиностроение» в Северо-Казахстанском университете им. М.Козыбаева;
- По результатам диссертационных исследований, разработана конструкция комбинированной развертки для обработки внутренней поверхности гидроцилиндров, на которую получен инновационный патент на полезную модель РК №7082 от 12.01.2022 г.

- Снижение себестоимости гильзы на 2,8%, повышение ресурса работы гидравлического цилиндра на 12,3% обеспечивается применением новой технологии изготовления цилиндра с обработкой резанием и методом поверхностной пластической деформации.
- Результаты проведенной работы могут быть использованы в машиностроительном производстве, как в качестве пособий по написанию дипломных работ студентами образовательных организаций, так и для научно-исследовательских работ бакалавров и магистрантов по специальности «Машиностроение».

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационного исследования доложены и обсуждены на: Международной научно-практической конференции «Козыбаевские чтения – 2019: Духовная модернизация и тенденции развития научно-образовательного пространства в современном мире» (г. Петропавловск, Казахстан, 2019); Международной научно-практической конференции «Сагиновские чтения – 2019: Интеграция науки, образования и производства - основа реализации Плана нации» (г. Караганда, 2019), International scientific review of the problems and prospects of modern science and education. LXVI International correspondence scientific and practical conference (Boston 2020).

#### **Публикации.**

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 12 печатных работах, в том числе 3 статья в изданиях, рекомендованных КОКСОН МНВО РК; 6 публикации в Международных конференциях, из них 3 – зарубежных; 1 статья в Scopus базе данных индексируемых журналов с процентилем 44. Получен инновационный патент на полезную модель РК №7082 от 12.01.2022 г.

#### **Личный вклад автора.**

Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований получены автором самостоятельно. В печатных работах, которые написаны в соавторстве, соискателю принадлежит ведущая роль при обобщении и анализе полученных результатов.

#### **Структура и объем работы.**

Диссертация состоит из введения, четырех разделов и заключения, изложенных на 115 страницах, содержит 20 рисунков, 8 таблиц, 87 использованных источников и 4 приложений.

#### **Результаты исследования.**

Основные научные и практические выводы диссертационной работы заключаются в следующем:

- На основании проведенных исследований установлено, что с применением нового комбинированного инструмента для обработки внутренних цилиндрических отверстий повышает качество рабочей поверхности: увеличение твердости поверхностного слоя с 30 HRC до 45 HRC, уменьшение шероховатости до Ra 0,32 мкм.
- Экспериментальные исследования материала и его свойств, приобретаемых в результате комбинированной обработки, показали:

- упрочнение поверхностного слоя обработанного отверстия наблюдается на глубине до 0,8...1,1 мм;
  - твердость поверхностного слоя обработанного отверстия повысилась в 1,5 раза.
- Была создана модель комбинированного процесса обработки отверстий в цилиндрах, которая устанавливает соответствие между геометрическими характеристиками и физико-механическими свойствами обрабатываемой поверхности с конструктивными параметрами инструмента и режимами обработки.

**Экспериментально установлено:**

- Высота неровностей прямо пропорциональна величине подачи.
- Скорость комбинированной обработки не оказывает существенного влияния на качество поверхностного слоя, но является лимитирующим фактором теплообразования.
- Определены тепловые и силовые характеристики комбинированного инструмента, ориентированного по направлению сил, возникающих в инструменте в процессе резания.
- Разработанная компьютерная модель комбинированной развертки позволяет обеспечить эффективное проектирование инструмента с учетом напряженных мест режущего инструмента и действующих сил сопротивления резанию.
- Было выяснено, что во время комбинированной обработки контактное давление, которое не приводит к разрушению, помогает уменьшить шероховатость поверхностного слоя.
- Шероховатость предварительной обработки отверстий Ra 0,8, обеспечивающая следующую более качественную обработку отверстия до значения Ra 0,32 мкм, может быть получена комбинированным инструментом с режущей частью с оптимальным главным углом в плане 6°.
- Радиус деформирующего элемента 5мм определяют степень упрочнения и качество поверхностного слоя.

**Работы, опубликованные по теме диссертации.**

1. Хайруллин Б.Т., Берикбаева М.А. Гидроцилиндрдің ішкі беттерін заманауи әдіспен өңдеу // «Вестник Алматинского университета энергетики и связи» Серия автоматизация и управление. Алматы, 2019. - № 4 (47) - С. 177-187
2. Берикбаева М.А. Методы абразивной обработки металлических поверхностей // СКГУ им. М. Козыбаева. Материалы МНПК «Козыбаевские чтения – 2019: Духовная модернизация и тенденции развития научно-образовательного пространства в современном мире». 15.11. 2019 г., г. Петропавловск, С. 61-65
3. Берикбаева М.А. Гидроцилиндр гильзаларың соңғы өңдеудің жаңа технологиялары // КарГТУ. Материалы МНПК «Сагиновские чтения – 2019: Интеграция науки, образования и производства - основа реализации Плана нации» Часть III. 14-15 июнь. 2019 г., г. Караганда, С 270-273

4. Berikbaeva M.A., Khairullin B.T., Mukhamadeyeva R.M. The study of methods for combined processing of deep holes of hydraulic cylinders // International Journal of Mechanics. Coatings. – 2020. - V 14. - P.177-184.- PP. 44 (Scopus)
5. Berikbaeva M.A., Khairullin B.T., Mukhamadeyeva R.M. Комбинированная обработка отверстий гидроцилиндров // International scientific review of the problems and prospects of modern science and education. LXVI International correspondence scientific and practical conference. - Boston 2020. - С.7-10
6. Berikbaeva M.A., Tanirbergenova A.A. The effects of tension on the change in the size of the part when combined processing of hydraulic cylinder holes // Scientific research of the SCO countries: synergy and integration. Proceedings of the International Conference: Participants' reports in English. Beijing, 2021. - С. 252-258
7. Берикбаева М.А., Танирбергенова А.А. Совершенствование технологии обработки внутренней поверхности отверстий гидроцилиндров // Sciences of Europe. 2022 г. - № 87-1 (87). - С. 63-68.
8. Атаманов С.А., Берикбаева М.А., Мухамадеева Р.М. Комбинированная развертка для глубоких отверстий // Матрица научного познания. Общество с ограниченной ответственностью "Омега сайнс" 2022 г. - № 3-1. - С. 25-30
9. Берикбаева М.А., Танирбергенова А.А. Гидроцилинуруиң тесіктерін біріктірілген өңдеу кезінде бөлік өлшемдерінің өзгеруіне керменің әсері // КарТУ им. А. Сагинова «Труды университета» Серия машиностроение, металлургия. Караганда, 2022. - № 4 (89) - С. 27-33
10. Берикбаева М.А., Мухамадеева Р.М., Касымжанова К.С. Использование комбинированных инструментов при обработке глубоких отверстий // КарТУ им. А. Сагинова «Труды университета» Серия машиностроение, металлургия. Караганда, 2023. - № 2 (91) - С. 12-18
11. Мухамадеева Р.М., Берикбаева М.А. Комбинированная развертка для обработки внутренней поверхности гидроцилиндров // Патент на полезную модель РК №7082 от 12.01.2022 г.
12. Берикбаева М.А. Повышение качества внутренней поверхности гидроцилиндров путем комбинированной обработки // Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом. №21471 от 08.11.2021 г. Вид объекта авторского права: произведение науки.