

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии PhD по специальности 6D071200 – «Машиностроение»

Смаковой Нургуль Сериковны

«Научное обоснование технологии производства низкочастотных гидравлических силовых импульсных систем»

Актуальность исследования. В Государственной программе индустриально-инновационного развития на 2015–2019 гг. были усилены акценты на приоритетных отраслях обрабатывающей промышленности. В частности отмечается, что машиностроение - это базовая отрасль экономики страны, тесно взаимосвязанная с ведущими отраслями экономики и обеспечивающая их устойчивое функционирование, наполнение потребительского рынка, и являющаяся основой развития технологического ядра промышленности.

От уровня развития машиностроения зависят важнейшие удельные показатели валового внутреннего продукта страны (материалоемкость, энергоемкость и т.д.), производительность труда в других отраслях народного хозяйства, уровень экологической безопасности промышленного производства и обороноспособность государства.

Программа нацелена на модернизацию существующих предприятий с высокотехнологичным и современным оборудованием, создание новых предприятий по выпуску конкурентоспособной продукции международного стандарта, для развития и кооперации связей всех существующих машиностроительных отечественных предприятий.

А также программа предусматривает постоянное совершенствование качества продукции на основе освоения наиболее эффективных, научно-технических и технологических разработок, направленных на создание новых видов машин, технологий и оборудования.

В последние годы все шире стало развиваться относительно новое направление в технике – гидравлические машины ударного действия.

Широкое применение в машинах гидравлического привода создало предпосылки для разработки и создания компактных и мощных импульсных устройств, положенных в основу исполнительных органов горных, металлургических, дорожных, коммунальных машин и другого технологического оборудования. Во второй половине XX века были начаты и быстро прогрессировали работы по созданию мобильных, энерговооруженных и высокопроизводительных машин ударного действия.

Работы по созданию импульсной техники проводились в институтах горного дела и гидродинамики СО АН СССР, Карагандинском государственном техническом университете, СКБ «Импульс» АН Кирг. ССР, ИГД им. А.А. Скочинского, ДонУГИ, МГИ, ВНИИстройдормаше, Красноярском филиале ВНИИстройдормаш, СибАДИ и других орга-

низациях, которые определили приоритеты и направления в развитии отечественных исследований в данной области техники.

Лидерами освоения мирового рынка импульсной техники стали фирмы: «Rammer-Tamrock», «Atlas Copco», «Scamec» (Финляндия – Швеция), «Krupp», «Hausalit» (Германия), «Montabert» (Франция),

«Furukawa», NPK, «Huskie» (Япония), «Indeco», «Socomec», «Fhexo» (Италия), «Gullik Dobson», «JCB Hammermaster» (Англия), «Ingersoll Rand», «Caterpillar», «Shand», «Kent» (США), «Silenced», MSB, «Dae-mo», «Hyundai», «Megaton», «Hanwoo», TNC, «Soosan» (Южная Корея), «Tabe» (Испания), Институт машиноведения НАН Республики Кыргызстан и др.

Отечественный и зарубежный опыт последнего десятилетия подтвердили жизнеспособность данного направления, однако до сих пор нельзя сказать, что оно имеет достаточную теоретическую и практическую базу, а также не созданы результаты экспериментальной проверки и накопительный фонд навыков использования ударных машин.

Основное предназначение гидроударной системы сводится к обеспечению заданного режима нагружения объекта воздействия. В свою очередь, система является составной частью той или иной машины, связанной технологически с другими машинами, осуществляющими определенный технологический процесс. В силу этого, исследование гидроударной системы с целью установления ее выходных показателей и внутренних параметров, удовлетворяющих технико-эксплуатационным, технологическим и другим требованиям, предъявляемым к системе в целом, является актуальной задачей.

Целью работы является разработка и научное обоснование технологии изготовления основного силового элемента вибрационного механизма низкочастотной гидравлической силовой импульсной системы.

Задачи исследования:

- исследование классификации, области применения и технологий подготовки низкочастотных гидравлических силовых импульсных систем;
- исследование конструкции гидравлического вибрационного модуля силовых импульсных систем, а также технические и эксплуатационные требования, предъявляемые самым нагруженным элементам системы;
- разработка способа многолезвийной ротационной обработки самой нагруженной детали гидравлического вибрационного модуля и конструкции режущего инструмента для его реализации;
- экспериментальное исследование обработки самой нагруженной детали гидравлического вибрационного модуля способом многолезвийного ротационного точения;
- совершенствование механической модели гидроударной системы и исследование напряженно-деформированного состояния его нагруженных элементов;
- расчет экономической эффективности способа многолезвийного ротационного точения и разработка рекомендации для производства. Внедрение результатов в производство.

Объект исследования: Технология изготовления основного силового элемента «шток», который является передаточным звеном между гидравлическом приводом и объектом воздействия.

Предмет исследования: Закономерности процесса обработки основного силового элемента «шток» способом многолезвийного ротационного точения.

Методика исследования: Для выполнения задачи исследования диссертационной работы использованы методы теоретического и экспериментального исследования. Теоретические исследования выполнены на основе научных положений таких наук, как теоретические основы расчета гидрообъемных вибрационно-ударных механизмов, теория вибрационной техники и технологии, теория системы автоматического регулирования, теория планирования эксперимента, теория резания материалов, проектирование режущих инструментов, технология машиностроения.

Экспериментальные исследования проводились в научной лаборатории кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» Карагандинского технического университета. Разработка конструкции специального многолезвийного ротационного инструмента и исследование напряженного состояния для оптимизации его геометрических параметров, а также исследование напряженно-деформированного состояния гидроударного механизма проводились с помощью расчетной модули Explicit Dynamics программы ANSYS.

Научная новизна работы:

1. Создана математическая модель рабочего процесса гидравлической вибрационной системы.

2. Установлен основной показатель, влияющий на эффективность передачи энергии – жесткость основного элемента.

3. Разработан способ многолезвийного ротационного точения для обработки наиболее нагруженного элемента «шток» гидравлического вибрационного модуля, а также:

- установлены оптимальные режимы резания;
- достигнута требуемая шероховатость и твердость обрабатываемой поверхности;

- разработаны математические модели оценки шероховатости и твердости поверхности;

- достигнуто повышение производительности за счет сокращения операций термической обработки и шлифования из технологического процесса.

4. Впервые исследовано напряженно-деформированное состояние гидравлического вибрационного механизма с помощью компьютерной программы ANSYS Explicit Dynamics. Обеспечена прочность и жесткость элементов гидравлического ударного устройства и грунта. Запас прочности для сильно нагруженного элемента-штока составил 1,57, что в допустимых пределах (1,5-2,0).

Научные положения выносимые на защиту:

- математическая модель рабочего процесса гидравлической вибрационной системы;
- результаты экспериментального исследования способа многолезвийного ротационного точения;
- математические модели оценки шероховатости и твердости обработанной поверхности;
- методика и результаты исследования напряженно-деформированного состояния гидравлического вибрационного механизма с помощью компьютерной программы ANSYS Explicit Dynamics.

Практическая значимость научных результатов:

- повышение производительности в 3-4 раза за счет сокращения операций термической обработки и шлифования из технологического процесса;
- разработанные рекомендации по изготовлению ротационного инструмента, выбору оптимальных режимов резания и схемы обработки;
- разработка конструкции и изготовления опытного образца многолезвийного ротационного инструмента.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается:

- правильностью постановки задачи исследования, обоснованностью методики исследования на применение научных положений науки о гидравлических вибрационных механизмах и технологии машиностроения;
- удовлетворительной сходимостью результатов экспериментального исследования и расчетных данных;
- проведением производственного испытания способа многолезвийного ротационного точения;
- патентами РК на изобретение и полезную модель;
- внедрением результатов в производство;
- публикацией основных научных результатов в открытой печати;
- широкой апробацией результатов работы на республиканских и международных конференциях, на заседаниях кафедр ведущих зарубежных и отечественных вузов, а также на технических совещаниях машиностроительных предприятий.

Диссертационная работа направлена на выполнение основных задач Государственной программы Индустриально-инновационного развития на период 2015-2019 гг. Основные результаты диссертации внедрены в производство ТОО «Центр инновационных проектов» Тумар» и в учебный процесс Карагандинского технического университета при подготовке бакалавров и магистрантов по специальности машиностроение.

Апробация работы. Основные положения докторской диссертации докладывались и обсуждались на заседаниях кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» КарТУ (2017- 2021гг.), на

заседании научного семинара при ДС КарТУ (2017-2021гг.), а также на международных конференциях и технических совещаниях машиностроительных предприятий:

- международная научно-практическая конференция (г. Киев, 2017г.);
- международная научно-техническая конференция (г. Армавир, 2019г.);
- международная научно-практическая конференция «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения), (г. Караганда, 2018-2020гг.);

Личный вклад автора заключается в постановке задач и разработке методики исследования, анализе научно-технической литературы и проведении патентного поиска, в разработке способа многолезвийного ротационного точения, разработке конструкции и изготовлении опытного образца специального режущего инструмента, организации и проведении экспериментальных исследований, апробации полученных результатов на машиностроительных предприятиях и вузах.

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 13 работ на русском, казахском и английском языках. Из них 4 статьи в журналах, входящих в базы данных рейтинговых агентств Thomson Reuters и Scopus, 3 статьи в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению контроля в сфере образования и науки МОН РК. Работа апробировалась на 4 международных конференциях. Получен 1 патент РК на изобретение и 1 патент РК на полезную модель.

Объем и структура работы. Докторская диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения, изложенных на 130 страницах машинописного текста, которые поясняются 75 рисунками, 5 таблицами, списком литературы из 140 наименований, 5 приложениями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При выполнении диссертационной работы в результате исследования конструкции и технологии изготовления низкочастотных гидравлических силовых импульсных систем было выявлено, что самым нагруженным элементом гидравлического вибрационного модуля является деталь «шток» и существует проблема обеспечения износостойкости и ударостойкости нагруженного элемента которые приводят к увеличению его срока эксплуатации.

2. Для решения данной проблемы разработан способ многолезвийного ротационного точения для обработки самого нагруженного элемента гидравлического вибрационного модуля детали «шток», а также:

- разработан и изготовлен специальный многолезвийный ротационный инструмент;

- определены оптимальные режимы резания: $n_{штп}=870$ об/мин; $S= 0,23$ мм/об; $t = 0,75$ мм; $\beta_{уст} = 15$ градус;

- достигнута шероховатость обработанной поверхности $R_a = 0,63$ мкм и необходимая твердость поверхности $HV \leq 285$;

- предложены математические модели для оценки шероховатости и твердости поверхности;

- достигнуто повышение производительности и снижение себестоимости за счет исключения из технологического процесса операции термической обработки и шлифования.

3. Выявлено, что выходные показатели рабочих органов импульсных гидравлических машин не соответствует к расчетным показателям.

Для решения данной проблемы разработана математическая модель рабочего процесса гидравлической вибрационной системы. Также установлено, что жесткость основного элемента является основным показателем влияющий на эффективность передачи энергии.

4. Напряженно-деформированное состояние гидравлического ударного устройства изучено с помощью компьютерной программы ANSYS Explicit Dynamics. Обеспечена прочность и жесткость элементов гидравлического ударного устройства и грунта. Запас прочности для сильно нагруженного элемента-штока составил 1,57, что в допустимых пределах (1,5-2,0).

5. Выполнен расчет и сравнение себестоимости технологической операции по обработке наружной цилиндрической поверхности детали «шток» и операции многолезвийного ротационного точения, в результате установлено, что себестоимость операции многолезвийного ротационного точения меньше в 3,5 раза.

Результаты диссертационной работы внедрены в производство ТОО «Центр инновационных проектов – Тумар» (г. Нур-Султан). Годовой экономический эффект составляет 1,85 млн тенге.