ОТЗЫВ
НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА

на диссертацию Ивановой Ольги Владимировны «Разработка конструктивно-технологических решений по увеличению ресурса штанговых глубинных насосов», представленную на соискание ученой степени доктор философии (PhD) по образовательной программе 8D07101 - Машиностроение

Актуальность диссертации Ивановой О.В. не вызывает сомнения. Тема посвящена повышению эффективности конструктивной системы насосно-компрессорных труб – клапанного механизма и фильтрующего модуля, обеспечиваю высокие значения долговечности нефтедобывающих штанговых глубинных насосов технологичными методами, как стратегически важных объектов машиностроительной отрасли. Долговечность и безотказность нефтедобывающих насосов достигнута за счет использования системного подхода при многокритериальном прогнозировании скрытых дефектов от динамических нагрузок и внедрения технологии и конструктивного модуля лазерной установки для повышения физико-механических свойств методом лазерного напыления многокомпонентной композиции внутренней поверхности малого диаметра длинномерных насосов методом «импульсного упрочнения». Предложенная энергоэффективная технология изготовления высококонцентрированными источниками лазерной энергии позволяет значительно снизить растягивающие напряжения в структуре деталей насоса, динамические и ударные нагрузки на плунжер и клапанный механизм нефтедобывающего насоса.

Предложенный системный подход позволил учесть и оценить допустимые пределы изменений мощности силы трения в контакте плунжера и цилиндра, суммарное относительное истирание точки, перераспределение моментов сил при ударных нагрузках в разных положениях плунжера и штанги при отклонении траектории движения от проектной оси симметрии при динамических непостоянных нагрузках в условиях эксплуатации.

В диссертации достаточно полно изучены процессы изнашивания с позиции структурно-фазового износа и принципов отклонения контактной поверхности сопряжений при динамических параметрах, что позволило обосновать качественные критерии и расширить горизонт решаемых научно-технологических задач при модификации поверхности деталей насоса на структурном уровне. Доказана и обоснована необходимость применения лазерных технологий в управлении технологическим процессом создания износостойкого покрытия с высокими механическими свойствами штангового глубинного насоса из материалов аустенитно-мартенситного класса как инструмента снижения их внутренних напряжений и обеспечения стабильности микро-твёрдости слоев.

Научная новизна работы заключается в усовершенствовании математической модели, описывающая процесс подачи насоса ($Q_ф$) при изменении величины предельно-допустимого зазора $\delta_t=f(i)$ в системе «плунжер-цилиндр» штангового насоса и утечек (q_t) из-за нарушения кинематики движения ($\Delta\lambda_\Sigma$) от действия распределенных динамических нагрузок, а также

изменение коэффициента трения, влияющего на истирание поверхности и коэффициента запаса прочности.

Так же новизна представлена обоснованной эффективностью применения композитного материала, обеспечивающий распределение контактных напряжений по площади соударения запорного элемента в области «условного меридиана» о посадочную поверхность седла, инновационным методом повышения ресурсной долговечности ШГН, путем внедрения лазерной технологии формирования фазовой структуры внутренней поверхности малого диаметра с оптимальными физико-механическими свойствами материала; разработанной методикой и алгоритмом обоснования оптимальных режимов лазерного напыления поверхности с применением флюса и диоксида циркония ZnO_2, позволяющий эффективно модифицировать свойства основы детали повышенной долговечности и исключить поперечные холоднотянутые трещины.

Получены новые знания, заключающиеся: в обосновании критериев отказов (δ_t>2 мм, q_t>0,5$Q_ф$) штангового насоса, снижающие эффективность его работы при воздействии динамических сил сопротивления на изнашиваемые элементы системы «плунжер-цилиндр», установлении зависимостей, описывающие изменения физико-механических свойств упрочненной поверхности (Нμ, $\sigma_{сц}$) от толщины напыления (h), дистанции ($l_н$) и скорости напыления ($v_н$), обеспечивающие качественные критерии изготовления цилиндра; прогнозировании и обосновании основных параметров конструктивно-технологических элементов ШГН и оптимизации их, при проектировании новых и восстановлении существующих. Обоснованные оптимальные параметры лазерного напыления позволили расширить горизонт понимания зависимости формирования фазовой структуры материала от режимов лазерного воздействия. Установленные зависимости качественных параметров лазерного напыления внутренней поверхности от технологических режимов позволили контролировать и управлять неизбежными процессами возникающих растягивающих и сжимающих напряжений и исключить подкаливание металла.

Особый научный и практический интерес представляет обоснованность эффективности предложенной технологии лазерного изготовления высоко нагруженных деталей ШГН, установленные зависимости, описывающие полиномиальный закон изменения нормальных напряжений, напряжений изгиба соответственно от износа контактной поверхности сопряжений, обоснование способа повышения надежности ШГН путем фильтрации нефти за счет внедрения самоочищающегося фильтра центробежного действия с отбором мощности от подъема нефти.

Автором диссертации грамотно и структурировано представлены разработанная методика и алгоритм выбора оптимальных параметров и многокомпонентного материала для лазерной технологии, обеспечивающие практическую значимость в обосновании критериев качества лазерного напыления повышенной износостойкости, а так же в проведении экспертизы технологических несоответствий и нарушений процесса изготовления высоко ресурсных деталей ШГН. Установленные уравнения описывают зависимость между технологическими параметрами процесса формирования

износостойкости и микротвердости каждого слоя покрытия и факторами, влияющими на их качество.

Задача по разработке инновационной технологии изготовления цилиндра насосно-компрессорных труб решена автором за счет регулирования исследованных термодинамических параметров и установленных закономерностей изменения причинно следственных связей между режимами технологического процесса лазерного напыления и формированием фазовой структуры материала колеса, обеспечивающей запас прочности и устойчивость к динамическим нагрузкам.

Практическая значимость диссертации заключается в возможности применения полученных результатов исследований при конструировании машиностроительного оборудования и штанговых глубинных нефтедобывающих насосов, что позволит сократить время на его разработку и проектирование, повысить технико-экономические показатели работы насосного комплекса.

Достоверность полученных результатов исследований подтверждена их производственными испытаниями в условиях ТОО «ВФ ПОИСК» и месторождении Жана-Узень, обеспечивающие удовлетворительную сходимость с результатами теоретических изысканий. Комплекс результатов теоретических и экспериментальных исследований обогащает научную концепцию обеспечения долговечности и увеличения ресурса нефтедобывающих штанговых глубинных насосов, открывает новые возможности для повышения энергоэффективности технологических агрегатов ШГН нефти-газового машиностроения.

Разработанная автором оригинальная конструкция принципиально новой лазерной установки для изготовления цилиндров с модифицированной поверхностью лазерным источником энергии, обеспечивает адаптивное управление термодинамическими процессами формирования поверхности и фазовой структуры мартенситного класса.

Разработанные методики, алгоритмы, технологии и конструкции апробированы на нефтегазовых месторождениях Тенгиз и внедрены на ТОО «ВФ ПОИСК» (РК, г. Петропавловск, 2024 г). Результаты диссертационных исследований также используются в учебном процессе Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева в образовательной программе 6В07108 – «Робототехника и инновационные технологии в машиностроении» (РК, г. Петропавловск).

По результатам исследований опубликовано 13 научных печатных работ, в том числе 1 статья в изданиях, рекомендованных КОКСНВО РК, 4 публикации в Международных научных конференциях, из них 3 – в зарубежных; 3 статьи в научных зарубежных журналах, входящих в базу научного цитирования Scopus – Q2, 60 (категория Materials Science/Surfaces, Coatings and Films и категория Materials Science/General Materials Science); 1 статья в The 5th International Conference on Green Design and Manufacture индексируемой в Scopus (процентиль по CiteScore Scopus более 40); 1 монография, опубликована издательством Materials Research Forum LLC Millersville, PA, USA в серии книг Materials Research Foundations; 1 статья в зарубежном научном журнале. Получено два инновационных патента на

полезную модель РК (№ 6888 от 25.02.2022г. бюл. № 8; № 6809 от 14.01.2022г. бюл. № 2) и один акт внедрения в производство.

Статьи, опубликованные в международных рецензируемых научных журналах, соответствуют тематической направленности журнала, заявленной в указанных базах, и опубликованы в текущих номерах журнала.

Основные результаты диссертационной работы неоднократно докладывались и получили одобрение на международных научно-практических конференциях, технических семинарах и на заседаниях кафедры технических вузов (г. Петропавловска, г. Ярославль, г. Москв и г. Ясави - Румыния).

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций базируется на использовании современных математических методах исследования, аргументированностью принятых допущений, достаточным объемом результатов экспериментальных исследований.

Диссертация Ивановой О.В. является завершенной самостоятельной научно-квалификационной работой, выполненной с соблюдением принципов внутреннего единства, научной новизны, достоверности и практической ценности, академической честности и имеющей важное значение для развития техники и технологий в отрасли нефти-газового машиностроения.

Диссертация «Разработка конструктивно-технологических решений по увеличению ресурса штанговых глубинных насосов» соответствует специальности 8D07101 «Машиностроение», согласуется с классификатором направления подготовки кадров 8D07 «Инженерные, обрабатывающие и строительные отрасли», отвечает требованиям п. 6 «Правила присуждения степеней» и рекомендуется к защите, а ее автор Иванова Ольга Владимировна заслуживает присуждения ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07101 «Машиностроение».

Научный консультант,
кандидат технических наук РК,
доктор технических наук РФ,
ассоциированный профессор (доцент),
член-корр. Национальной инженерной
академии Республики Казахстан, профессор
кафедры «Транспорт и машиностроение»
НАО СКУ им. М. Козыбаева
(г.Петропавловск,
Республика Казахстан)

Савинкин
Виталий Владимирович

Адрес: 150000, г. Петропавловск, ул.
Пушкина, 86
Тел.: 8(7152) 46-42-49 доп. 1159
e-mail: cavinkin7@mail.ru