

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 26 сентября 2017 года № 14.577.21.0274 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе № 3 в период с 01.01.19 по 31.12.19 выполнялись следующие работы:

1. Изготовление экспериментальных образцов iPoRTH.
 2. Разработка встроенного ПО модуля беспроводной цифровой связи
 3. Разработка Программы и методик испытаний встроенного ПО модуля беспроводной цифровой связи
 4. Проведение испытаний встроенного ПО модуля беспроводной цифровой связи
 5. Разработка пользовательского ПО вычислительного блока сбора и обработки данных для администрирования результатов измерений
 6. Разработка Программы и методик испытаний пользовательского ПО вычислительного блока сбора и обработки данных для администрирования результатов измерений
 7. Проведение испытаний пользовательского ПО вычислительного блока сбора и обработки данных для администрирования результатов измерений
 8. Проведение экспериментальных исследований с целью разработки методики измерения площади отпечатка, использующей информацию о контактном электрическом сопротивлении и данные оптической конфокальной микроскопии
 9. Проведение экспериментальных исследований с целью разработки методики измерения высоты, формы и шероховатости рельефа поверхности
 10. Исследовательские испытания экспериментальных образцов iPoRTH на тестовых модельных образцах толстостенных труб большого диаметра и полых литых заготовок в лабораторных условиях
 11. Корректировка технической документации на экспериментальный образец iPoRTH и измерительных методик по результатам испытаний.
 12. Разработка руководства по эксплуатации экспериментального образца iPoRTH
 13. Проведение оценки полноты решения задачи и достижения поставленных целей ПНИЭР, оценка эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем
 14. Разработка проекта технического задания на проведение ОКР
 15. Патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96
- Работы, выполненные индустриальным партнером ОАО «Тяжпрессмаш»:
1. Разработка Программы и методик проведения исследовательских испытаний экспериментального образца iPoRTH на тестовых модельных образцах толстостенных труб большого диаметра и полых литых заготовок в лабораторных условиях
 2. Модернизация стенда для термической обработки образцов труб
 3. Изготовление модельных тестовых образцов полых литых заготовок, их механическая и термическая обработка с целью модификации их свойств.
 4. Проведение оценки РИД, полученных при выполнении ПНИЭР.

5. Изготовление образцов термически обработанных труб.
6. Разработка Программы и методик проведения исследовательских испытаний экспериментального образца iPoRTH на образцах термически обработанных труб в полевых условиях.
7. Исследовательские испытания экспериментального образца iPoRTH на образцах термически обработанных труб в полевых условиях
8. Проведение маркетинговых исследований
9. Разработка рекомендаций по возможности использования результатов ПНИЭР в реальном секторе экономики и оценка потребности промышленности в портативном роботизированном твердомере
10. Приобретение оборудования / комплектующих / материалов, необходимых для выполнения ПНИЭР
11. Монтаж / пуско-наладочные работы на оборудовании, необходимом для выполнения ПНИЭР

При этом были получены следующие результаты:

Было осуществлено изготовление трех полнофункциональных экспериментальных образцов iPoRTH. По результатам исследовательских испытаний макетов экспериментальных образцов в лабораторных и полевых условиях была скорректирована ЭКД, по которой и были изготовлены экспериментальные образцы iPoRTH.

Завершилась разработка встроенного ПО модуля беспроводной цифровой связи, и было произведено тестирование работоспособности данного модуля в составе модуля оперативного контроля iPoRTH. Испытание модуля осуществлялось в соответствии с разработанной Программой и методикой испытаний встроенного ПО модуля беспроводной цифровой связи. Проведенное испытание встроенного ПО модуля беспроводной цифровой связи продемонстрировало работоспособность всей измерительной системы в целом. Таким образом показано, что модуль оперативного контроля iPoRTH может функционировать как в проводном, так и беспроводном режиме, что существенно расширяет возможности его применения, как в условиях заводской лаборатории, так и в полевых условиях.

Разработанное пользовательское ПО вычислительного блока сбора и обработки данных для администрирования результатов измерений продемонстрировало высокий уровень надежности и устойчивости по отношению к качеству входных экспериментальных данных о кривых нагрузка-глубина погружения индентора. Созданный интерфейс проведения измерений, обработки данных и администрирования оказался удобен в использовании и доступен операторам, не являющимся специалистами в области компьютерных технологий.

Разработанное ПО обеспечивает проведение индентационных измерений в автоматическом режиме. Участие оператора в процесс измерения минимизировано и сведено к установке измерительного оборудования на тестируемое изделие.

Разработанные Программы и методики испытаний пользовательского ПО вычислительного блока сбора и обработки данных для администрирования

результатов измерений были реализованы в полном объеме и продемонстрировали свою эффективность при тестировании роботизированного комплекса для контроля механических свойств металлических изделий.

Проведенное испытание пользовательского ПО вычислительного блока сбора и обработки данных для администрирования результатов измерений показало его пригодность для работы, как в ручном, так и автоматическом режиме измерений.

Экспериментальное исследование методики измерения площади отпечатка с использованием информации о контактном электрическом сопротивлении и данных оптической конфокальной микроскопии показало более высокую точность в определении площади отпечатка для оптических методов. Данные о контактном электрическом сопротивлении оказались более критичны к качеству обработки тестируемой поверхности и степени окисления тестируемого материала.

Полученные экспериментальные данные подтвердили применимость данного подхода к оценке площади контактной поверхности, при условии предварительной калибровки iPoRTH на материале с аналогичными электрическими свойствами. Свойственная электрическим измерениям систематическая ошибка не позволяет рекомендовать данный метод в качестве единственного метода контроля площади отпечатка. Обязательным условием его использования является интеграция получаемых данных с характеристиками, диагностируемыми другими методами, в том числе методами конфокальной оптической микроскопии и инструментального индентирования.

Проведенное экспериментальное исследование методики измерения высоты, формы и шероховатости рельефа поверхности с использованием конфокальной оптической микроскопии продемонстрировало высокую эффективность, быстрое действие и достоверность получаемых данных о форме тестируемой поверхности и ее шероховатости.

Исследовательские испытания экспериментальных образцов iPoRTH на тестовых модельных образцах толстостенных труб большого диаметра и полых литых заготовок в лабораторных условиях показали высокую информативность получаемых данных и хорошую воспроизводимость измеряемых величин. Полученные данные указывают на необходимость наработки экспериментальных данных на образцах с различными механическими свойствами и перспективности использования методов инструментального индентирования.

Произведенная корректировка технической документации на экспериментальный образец iPoRTH и измерительные методики по результатам испытаний позволили повысить технологичность изготовления iPoRTH и достоверность информации о механических свойствах тестируемых изделий.

Осуществленная разработка руководства по эксплуатации экспериментального образца iPoRTH и проведенное тестирование степени

подробности руководства по эксплуатации продемонстрировали адекватность подготовленного документа требованиям со стороны оператора, осуществляющего эксплуатацию iPoRTH.

Оценка полноты решения задачи и достижения поставленных целей ПНИЭР показала полное соответствие поставленных целей и достигнутых результатов. Сравнение с современным научно-техническим уровнем и оценка эффективности примененных решений продемонстрировали соответствие результатов ПНИЭР современному уровню развития науки и техники. При этом по такому параметру как максимальная нагрузка при индентировании iPoRTH превосходит зарубежные аналоги. Подтверждением этого являются успешные выступления на международных конференциях, публикации в ведущих журналах и полученные охранные документы, подтверждающие результаты интеллектуальной деятельности. В ходе проекта в целом, подано две заявки на изобретение и зарегистрировано три программы для ЭВМ.

В процессе разработки проекта технического задания на проведение ОКР, посвященной созданию промышленных образцов индентационного модуля и модуля оперативного контроля iPoRTH, определены наиболее существенные особенности создаваемого оборудования, определяющие его высокие эксплуатационные качества и конкурентные преимущества в сравнении с зарубежными аналогами, особое внимание уделено технологичности процесса изготовления и сборки обеспечивающих минимизацию производственных издержек связанных с массовым производством.

Патентные исследования, проведенные на данном этапе работ, позволили определить нуждающиеся в патентной защите результаты интеллектуальной деятельности и позволили подать новую заявку на изобретение.

В соответствии с разработанной «Программой и методикой проведения исследовательских испытаний экспериментального образца iPoRTH на тестовых модельных образцах толстостенных труб большого диаметра и полых литых заготовок в лабораторных условиях» было проведено широкомасштабное исследование технических характеристик разработанного оборудования и программного обеспечения, осуществляющего измерение и обработку получаемых при тестировании данных.

Проведенная индустриальным партнером модернизация стенда для термической обработки образцов труб позволила повысить производительность труда и расширить технологические возможности стенда в части способов термической обработки полых заготовок. На модернизированном стенде были изготовлены все необходимые для тестирования рабочих модулей iPoRTH образцы заготовок.

Изготовленные индустриальным партнером модельные тестовые образцы полых литых заготовок, прошедшие механическую и термическую обработку с целью модификации их свойств, были подвергнуты всестороннему исследованию их механических свойств и геометрических характеристик поверхности. Изготовленные образцы термически

обработанных труб продемонстрировали высокие прочностные характеристики, соответствующие предусмотренным технологическим процессом механическим свойствам, возникающим в процессе термической и механической обработки. Полученные данные подтвердили возможность неразрушающего контроля механических свойств материалов методами инструментального индентирования пирамидальными и сферическими инденторами.

Проведенная оценка РИД, полученных при выполнении ПНИЭР, продемонстрировала высокий научно-технический уровень проведенных исследований и их соответствие мировым тенденциям развития методов неразрушающего контроля изделий, изменяющих свои свойства в ходе термической обработки и последующей эксплуатации.

Разработанная Программа и методика проведения исследовательских испытаний экспериментального образца iPoRTH на образцах термически обработанных труб в полевых условиях прошла экспертную оценку и была полностью реализована при проведении исследовательских испытаний.

Исследовательские испытания экспериментального образца iPoRTH на образцах термически обработанных труб в полевых условиях продемонстрировали работоспособность всех модулей в полевых условиях и соответствие получаемых данных данным, полученным в лабораторных условиях.

Проведенные маркетинговые исследования показали актуальность данной разработки и ее конкурентоспособность по сравнению с зарубежными аналогами. Детальный анализ ситуации на рынке приборостроения для неразрушающего контроля механических и геометрических свойств крупногабаритных изделий продемонстрировал наличие потребности в таких измерениях. При этом на сегодня она не обеспечена в полной мере имеющимся в продаже оборудованием.

Подробный анализ возможностей использования разработанного оборудования в реальном секторе экономики и оценка потребности промышленности в портативном роботизированном твердомере iPoRTH показали его применимость в отраслях Машиностроения и металлообработки России. Общий объем спроса предприятий в результате ПНИЭР можно оценить около 130 штук в год.

Исходя из рекомендаций по использованию результатов ПНИЭР в реальном секторе экономики и оценки потребности промышленности в портативном роботизированном твердомере сделан вывод необходимости налаживания мелкосерийного производства iPoRTH по заказам конкретных потребителей. Подготовлены рекомендации по продвижению индентационного модуля iPoRTH и модуля оперативного контроля iPoRTH на российский рынок приборов для контроля механических свойств. По количественным показателям прогнозируемый рынок модуля оперативного контроля iPoRTH на порядки превосходит рынок индентационных модулей iPoRTH. В денежном исчислении эти рынки примерно одинаковы, учитывая

большую цену индентационного модуля в сравнении с модулем оперативного контроля.

Все оборудование, комплектующие и материалы, необходимые для выполнения ПНИЭР были приобретены в полном объеме и в установленные сроки. Монтаж, пуско-наладочные работы на оборудовании, необходимом для выполнения ПНИЭР, были проведены в сроки, предусмотренные План-графиком, и позволили, выполнить исследовательские испытания в полном объеме.

Полученные в ходе выполнения ПНИЭР «Разработка конструкции портативного оборудования и комплекса измерительных методик для роботизированного технологического контроля геометрических и механических характеристик материалов и изделий, применяемых в машиностроительной и атомной отраслях» научные результаты и опыт позволяют научному коллективу, выполнявшему данную работу, перейти к этапу ОКР и заняться изготовлением роботизированных модулей iPoRTH, адаптированных под задачи конкретных заказчиков.

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчетном этапе исполненными надлежащим образом.

В целях коммерциализации (практического использования) результатов интеллектуальной (научно-технической) деятельности, полученных в рамках проекта ФГБНУ ТИСНУМ совместно с ОАО «Тяжпрессмаш» осуществляют вывод на рынок нового контрольно-измерительного оборудования на базе разрабатываемого роботизированного портативного инструментального твердомера, в том числе, организация его промышленного производства.

С индустриальным партнером ОАО «Тяжпрессмаш» заключены лицензионные договоры на право пользования полученными в рамках соглашения результатов интеллектуальной деятельности:

Лицензионный договор № 57/2019 от 25.06.2019, изобретение «Индентор-объектив», от 28 февраля 2019г. № 2680853

Лицензионный договор № 191/2019 от 19.12.2019, программа для ЭВМ «Программа визуализации и расчета диаграммы напряжения - пластическая деформация согласно методу АВІ», от 05.11.2019 № 2019664346

Лицензионный договор № 190/2019 от 19.12.2019, программа для ЭВМ «Программа поиска точки контакта индентора с поверхностью с помощью нейросети» от 16.10.2019 № 2019663422