|  |
| --- |
| **Отчёт** **о выполненных работах по этапу №2**  **по Соглашению № 14.577.21.0019 с Минобрнауки России о предоставлении субсидии**  **по теме «Разработка технологии управления микроструктурой натуральных материалов легкой промышленности для отраслей экономики Российской Федерации (энергетического, строительного, нефтехимического и оборонно-промышленного комплекса)»** |
| В настоящее время во многих отраслях экономики Российской Федерации развернулось активное обсуждение мер,  по решению нарастающих проблем безопасности жизнедеятельности сотрудников  энергетического, строительного, нефтехимического и оборонно-промышленного комплекса. Связано это с травматизмом и профессиональными заболеваниями рабочих, приводящими в ряде случаев к летальным исходам, притом, что более половины вышеперечисленных отраслей экономики Российской Федерации  относятся к классу максимального профессионального риска.  В этой связи,  целями реализуемого проекта являются:  - Разработка технологии получения натуральных материалов легкой промышленности, основанной на гидрофобизации текстильных и кожевенных материалов за счет применения плазменной технологии наноструктурирования материалов в потоке неравновесной низкотемпературной плазмы, которая позволит изменить надмолекулярную структуру коллагена кожевенных материалов, волокнистых микро- и наноструктур текстильных материалов.  - Разработка технологии получения натуральных текстильных и кожевенных материалов, обладающих повышенными показателями качества – высокими физико-механическими характеристиками, с устойчивым во времени гидрофобным эффектом лицевой поверхности, с высокими гигиеническими показателями и с повышенной стойкостью к биоразрушению, основанной на плазменной наномодификации материалов коллоидным раствором наночастиц серебра.  В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии **от 5 июня 2014 г. № 14.577.21.0019** 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 № 2 в период с "05" июня 2014г. по "31" декабря 2014г. проводились следующие виды работ:  Работы, выполненные по бюджету:  По п. 1 проведены теоретические и экспериментальные исследования получения наноструктурированных текстильных и кожевенных материалов за счет применения метода воздействия потоком неравновесной низкотемпературной плазмы;  по п. 2. проведены экспериментальные исследования получения наномодифицированных текстильных и кожевенных материалов, обработанных в колоидном растворе наночастиц серебра за счет применения метода воздействия потоком неравновесной низкотемпературной плазмы;  по п. 3 проведены экспериментальные исследования нано-и микроструктуры текстильных и кожевенных материалов после наноструктурирования потоком неравновесной низкотемпературной плазмы и наномодифицирования колоидным раствором наночастиц серебра;  по п. 4 проведены экспериментальные исследования влияния наночастиц серебра на стойкость текстильных и кожевенных материалов;  по п. 5 выполнена оптимизация методов получения экспериментальных образцов наноструктурированных и наномодифицированных материалов.  Работы, выполненные по внебюджету:  По п. 6 Материально-техническое обеспечение выполнения работ:  - закупка расходных материалов для исследовательского оборудования;  - закупка текстильных и кожевенных материалов для проведения экспериментальных исследований согласно ТЗ;  ***-*** закупка расходных материалов для плазменной установки;  - проведена отработка режимов на плазменных установках.  По п. 7 проведены экспериментальные исследования получения одежды и обуви специального назначения из разрабатываемых наноструктурированных и наномодифицированных материалов. Выбор оптимальных вариантов изделий.  По п. 8 осуществлено уточнение технических характеристик к опытным образцам одежды и обуви из разрабатываемых материалов специального назначения.  При этом были получены следующие результаты:  Основой для теоретического исследования процессов получения наноструктурированных натуральных материалов легкой промышленности являлась модель соответствующего вида применяемого газового разряда- неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП) пониженного давления. Физическое воздействие плазмы на структуру натуральных текстильных и кожевенных материалов осуществлялось посредством следующих элементарных процессов:   * бомбардировки материала ионами и нейтральными атомами и молекулами плазмообразующих газов; * рекомбинации заряженных частиц; * бомбардировки материала электронами плазмы; * дезактивации возбужденных атомов инертного газа; * воздействия теплового потока на материал; * воздействия различных видов излучения.   Теоретические исследования получения наноструктурированных натуральных текстильных и кожевенных материалов показали, что при плазменной обработке происходит их взаимодействие с активными и неактивными частицами плазмы, имеющими высокую кинетическую и/или потенциальную энергию. Изменение физико-механических свойств натуральных материалов происходит за счет бомбардировки низкоэнергетичными ионами (70-100 эВ) и рекомбинации (12,1-20,2 эВ) на ней заряженных частиц. Передача энергии атомам поверхностного слоя материалов приводит к удалению загрязняющих веществ, разрыву поперечных водородных связей и связей, образованных силами Ван-дер-Ваальса, конформации белковых молекул. Вследствие разрыва поперечных связей происходит активация поверхности материалов и усиливаются их гидрофильные свойства.  В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований наноструктурированных  текстильных и кожевенных материалов получены образцы,  обладающие повышенными показателями качества, высокими гигиеническими свойствами и устойчивым во времени гидрофобным эффектом за счет применения потока неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП).  Выполнены экспериментальные исследования получения нанострук-турированных и наномодифицированных материалов, обработанных в колоидном растворе наночастиц серебра, которые обладают не только высокими физико-механическими свойствами, но и повышенной стойкостью к процессу биоразрушений за счет применения метода воздействия потоком неравновесной низкотемпературной плазмы.  Экспериментальные исследования показали, что получена наноструктурированнная и (наномодифицированная) натуральная кожа обладающая комплексом повышенных физико-механических свойств, где предел прочности при растяжении в наноструктурированном материале до 21,3 МПа и (в наномодифицированном материале до 21,9) МПа;  удлинение при напряжении 10 МПа до 45%; устойчивость окраски к трению-5 баллов к сухому трению, -4 балла к мокрому трению; устойчивость покрытия к многократному изгибу-5 баллов; соответственно стойкость к истиранию- до 8300 и (в наномодифицированном материале до 8700) циклов; адгезия покрывной пленки до 145 и (в наномодифицированном материале до 148) Н/м к сухой коже, до 67 и (в наномодифицированном материале до 68) Н/м к мокрой коже; массовая доля влаги до 14 %; краевой угол смачивания соответственно до 118 и (в наномодифицированном материале до 120) градусов; паропроницаемость водяных паров до 600 г/м2; гигроскопичность до 16,1%; влагоотдача до 16,4%.  Получена наноструктурированнная и наномодифицированная ткань с комплексом повышенных как физико-механических, так и защитных характеристик, где адгезионная прочность расслаивания в наноструктурированном материале  до 122 и (в наномодифицированном материале до 128) даН; разрывная нагрузка-до 1432 Н по основе и до 964 Н по утку; соответственно относительное разрывное удлинение до 41,8 и (в наномодифицированном материале до 47,1)%; стойкость к истиранию до 31000 циклов; жесткость при изгибе соответственно до 0,97Н и (в наномодифицированном материале до 1,09); водоупорность до 3,30 и (в наномодифицированном материале до 3,50) кПа; гигроскопичность до 9,2% и (в наномодифицированном материале до 9,4); стойкость к морской воде более 12 ч, к нефти более 15 ч, к щелочи более 8 ч ; к кислоте более 4 ч.  Элементами новизны научных решений являются: разработка методов наноструктурирования и наномодифицирования натуральной кожи и тканей, которые применяются при производстве одежды и обуви специального назначения; максимальный эффект фиксации красителей в кожевую ткань и  волосяной покров меховой овчины  достигается при использовании плазменного модифицирования как красителей, так и предварительной обработки  мехового полуфабриката ННТП;  разработка ресурсосберегающей технологии отделки текстильных и кожевенных материалов с применением наночастиц серебра, плазменной обработки полуфабрикатов, что позволяет получить заданные физико-механические, эстетические, эксплуатационные и бактерицидные свойства натуральных материалов.  Проведенные  экспериментальные  исследования  нано- и микроструктуры текстильных и кожевенных материалов после наноструктурирования ННТП показали, что  плазма не оказывает деструктирующего воздействия на поверхностную структуру образцов, а приводит к изменению нанопористости. В структуре кожевенного материала на уровне первичных волокон происходит изменение микропористости и вторичных волокон, а также изменение макропористости, в результате чего улучшаются их физико- механические и гигиенические свойства, а также увеличивается время впитывания капли воды, то есть поверхность становиться гидрофобной. Согласно спектроскопических исследований, в текстильном материале повышение механических и физических свойств соответственно происходит за счет конформационных изменений и перестройки водородных связей, а улучшение защитных свойств, за счет уменьшения водородных связей и частичного уплотнения волокон в материале, что приводит к повышению гидрофобности.  Проведены экспериментальные исследования влияния наночастиц серебра на стойкость материалов  по отношению к патогенной микрофлоре, что подтверждается сохранением их прочностных и защитных характеристик. По результатам исследовательских испытаний проведена оптимизация методов получения экспериментальных образцов наноструктурированных и наномодифицированных  материалов. Составлены и утверждены акты  изготовления наноструктурированных и наномодифицированных образцов  текстильных и кожевенных материалов, а также акты экспериментальных исследований нано- и микроструктуры текстильного материала с использованием уникальной научной установки "Сокол 3" и акты изготовления нано- и микроструктуры экспериментальных образцов  материалов.  Определено влияния наночастиц серебра на стойкость текстильных и кожевенных материалов, а также осуществлена оптимизация методов получения экспериментальных образцов. По результатам проекта защищена диссертация на соискание ученной степени кандидата технических наук.  Итогом проведенной работы являлись отработка режимов на плазменных установках; экспериментальные исследования получения одежды и обуви специального назначения из разрабатываемых наноструктурированных и наномодифицированных материалов,  выбор оптимальных вариантов изделий для отраслей экономики РФ (энергетического, строительного, нефтехимического и оборонно-промышленного комплекса), уточнение  технических характеристик по пакету разрабатываемых материалов  опытных образцов обуви специального назначения: предел прочности при растяжении 11 МПа и удлинение при напряжении 20-30%, вододопоглащение не более 30% , а также уточнены  технические характеристики по пакету разрабатываемых материалов  опытных образцов одежды специального назначения: устойчивость окраски (стирке, поту, органическим растворителям) не менее 4 баллов, разрывная нагрузка не менее 450 Н, сопротивление раздиранию не менее 20 Н, нефтепроницаемость не менее 2 ч, водопроницаемость не менее 2 ч, устойчивость к много кратному изгибу не менее 180 циклов, стойкость к истиранию не менее 2500 циклов, изменение линейных размеров не более 3,5 % по основе, и не менее 2,0 % по утку.  Полученные результаты на экспериментальных образцах кожевенных и текстильных материалов, соответствуют требованиям выполняемого проекта. Сопоставление результатов с аналогичными работами проводились на сопоставлений результатов или других качественных свойств данной работы с полученными при выполнении подобных или близких по содержанию работ вторые проводились. Однако,  работы-аналоги,  выполненные другими организациями и исполнителями, их сравнение осуществимо по ограниченному числу показателей качества, в связи с тем, что условия проведения работ, применяемое оборудование и методы наноструктурирования и наномодифицирования текстильных и кожевенных материалов неодинаковы.   Результаты исследований докладывались на мероприятиях по демонстрации и популяризации результатов проекта: в XVIII Международном научно- практическом форуме "Smartex- 2015" (г.Иваново, ИГПУ,  26-29 мая, 2015г., с докладом "Повышение защитных свойств текстильных материалов для одежды специального назначения", а также в конкурсе "Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка года" в рамках Международной выставки научных достижений  "Высокие технологии. Инновации. Инвестиции  "HI -TESH"(г.Санкт - Петербург, 25-27 марта, 2015г., где получен диплом I степени и золотая медаль; в XVI Международной специализированной выставке "Энергетика. Ресурсосбережение" (г.Казань, ОАО ВЦ "Казанская ярмарка", 01-03 апреля, 2015г.; на XV Международной выставке "Инлегмаш-2015" (г.Москва, ЦВК "Экспоцентр", 21-24 апреля, 2015г., и с докладом  "Плазменные  технологии в текстильной и легкой промышленности" на Международном форуме легкой промышленности "ЛегПромФорум".  Кроме того, защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему "Разработка ресурсосберегающей технологии крашения меховой овчины плазмомодифицированными красителями", которое позволило улучшить равномерность и глубину окрашивания полуфабриката при одновременном повышении физико-механических свойств (предел прочности при растяжении на 17,3%, относительное удлинение на 12%, гигроскопичность до 16%); эстетических и эксплуатационных свойств кожевой ткани окрашенной меховой овчины (интенсивность и равномерность окраски волосяного покрова, устойчивость окраски к сухому и мокрому трению до 5 балов, повышение светостойкости окраски волосяного покрова меховой овчины на 23%, снижение коэффициента светоотражения от поверхности меха от 30 до 80%), а также стойкость меховой овчины к биоразрушению и сокращении расхода дорогостоящих красителей.  Таким образом, содержание отчётной документации соответствует условиям Соглашения о предоставлении субсидии, а также Техническому заданию и Плану-графику исполнения обязательств. |