

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов»
(ФГБНУ ТИСНУМ)

УДК 531.7; 620.17.08
ВГК ОКП 39 7290 7
№ Госрегистрации 114072570015
Инв. № 194

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБНУ ТИСНУМ,
Д.Ф.-М.Н.



ОТЧЕТ

О ПРИКЛАДНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

«Разработка специализированного нанотвердомера-профилометра и методов контроля физико-механических свойств внутренних поверхностей открытых и глухих каналов для применения в машиностроении и авиакосмической отрасли»
по теме: «Экспериментальные исследования и отработка методик»
(промежуточный)
Этап четвертый

Соглашение о предоставлении субсидии от 22 июля 2014 г. №
14.577.21.0088

ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы»
Приоритетное направление «Индустрия наносистем»












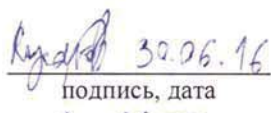
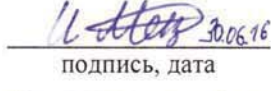
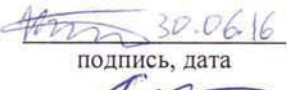
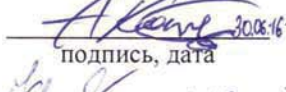
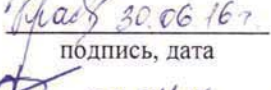
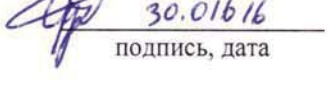
Часть 1

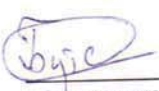
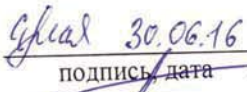
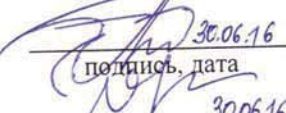
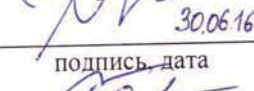

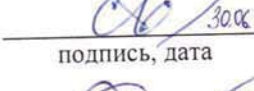
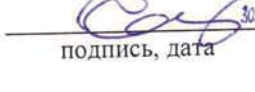
Руководитель работ,
Заведующий отделом исследования
физико-механических свойств
ФГБНУ ТИСНУМ, к.ф.-м.н.

 / А.С. Усеинов

г. Москва, г. Троицк 2016 г.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель работы, Зав. отделом, канд. физ.-мат. наук	 <u>30.06.16</u> подпись, дата	А.С. Усеинов (реферат, введение, заключение, разделы 1-2, приложения А,Г)
Исполнители работы:		
Вед. науч. сотр., канд .физ.-мат. наук	 <u>30.06.16</u> подпись, дата	В.Н. Решетов (разделы 1-2, приложения А,В)
Мл. науч. сотр.	 <u>30.06.16</u> подпись, дата	И.И. Маслеников (разделы 1-2, приложения А,В,Г)
Науч. сотр.	 <u>30.06.16</u> подпись, дата	С.Л. Мелекесова (раздел 2, приложение В)
Вед. инженер	 <u>30.06.16</u> подпись, дата	Э.В. Мелекесов (раздел 2)
Ст. науч. сотр., канд .техн. наук	 <u>30.06.16</u> подпись, дата	В.В. Мещеряков (раздел 2)
Науч. сотр.	 <u>30.06.16</u> подпись, дата	В.Ф. Кулибаба (разделы 1-2)
Техник	 <u>30.06.16</u> подпись, дата	А.А. Берлизов (раздел 2)
Науч. сотр., канд .техн. наук.	 <u>30.06.16</u> подпись, дата	В.В. Соловьев (разделы 1-2)
Мл. науч. сотр.	 <u>30.06.16</u> подпись, дата	К.С. Кравчук (разделы 1-2, приложение Г)
Мл. науч. сотр.	 <u>30.06.16</u> подпись, дата	С.В. Прокудин (разделы 1-2)
Стажер-исследователь	 <u>30.06.16</u> подпись, дата	А.А. Русаков (раздел 2 приложение Г)
Вед. инженер	 <u>30.06.16</u> подпись, дата	И.А. Мезенева (разделы 1-2)
Мл. науч. сотр.	 <u>30.06.16</u> подпись, дата	И.В. Красногоров (раздел 2)
Ведущий инженер	 <u>30.06.16</u> подпись, дата	А.С. Карчиго (раздел 1)
Инженер 1 кат.	 <u>30.06.16</u> подпись, дата	Н.В. Красногорова (раздел 1)
Инженер	 <u>30.06.16</u> подпись, дата	Е.В. Сумароко (раздел 1)

Стажер-исследователь	 30.06.16 подпись, дата	М.Д. Бутюто (разделы 1-2 приложение В)
Стажер-исследователь	 30.06.16 подпись, дата	Е.В. Гладких (раздел 1)
Инженер	 30.06.16 подпись, дата	А.В. Шафаран (раздел 1)
Техник	 30.06.16 подпись, дата	А.С. Бирюков (раздел 1)
Лаборант-исследователь	 30.06.16 подпись, дата	А.С. Болгова (раздел 1)
Техник 1 категории	 30.06.16 подпись, дата	Г.С. Буга (раздел 1)
Нормоконтролер	 30.06.16 подпись, дата	Е.Е. Сапрыкин

Соисполнители:

Национальный исследовательский университет «МИЭТ» (раздел 2, Приложение Б)

начальник научно-исследовательской лаборатории

 30.06.16
подпись, дата


Б.А. Логинов

ведущий инженер

 30.06.16
подпись, дата

Г.Г. Джарнашвили

инженер-конструктор

 30.06.16
подпись, дата

В.Б. Логинов

Индустриальный партнёр:


ООО «Позитив» (разделы 3,4,5 приложение Д)

Генеральный директор

 30.06.16
подпись, дата


Д.О. Алексеев

инженер

 30.06.16
подпись, дата

В.В. Подымов

инженер

 30.06.16
подпись, дата

М.С. Махров

РЕФЕРАТ

Отчет 298 с., 92 рис., 25 табл., 5 прил., 2 части, 71 источник.

Ключевые слова: ПРОФИЛОМЕТР, ТВЕРДОМЕР, ТВЕРДОСТЬ, МОДУЛЬ УПРУГОСТИ, ШЕРОХОВАТОСТЬ.

Объект прикладных исследований: специализированный нанотвердомер-профилометр и методы контроля физико-механических свойств внутренних поверхностей открытых и глухих каналов для применения в машиностроении и авиакосмической отрасли.

Цель ПНИ: обеспечение возможности контроля с нанометровым пространственным разрешением наношероховатости, твердости и модуля упругости внутренних поверхностей открытых или глухих каналов в узлах и агрегатах изделий и механизмов, применяемых в машиностроительной и авиакосмической отраслях.

Результаты работ и их новизна. На данном этапе работ был проведен анализ и систематизация данных, полученных для ряда конструкционных материалов с помощью различных методов измерения наношероховатости, твердости и модуля Юнга. Получены и обработаны результаты измерений с помощью ЭОСНП и с применением реализованных на его базе измерительных методик модельных тестовых образцов, изготовленных Индустриальным партнером на предыдущем этапе работ.

Проведен анализ конструкции ЭОСНП с целью выявления недочетов и корректировки документации, электрических схем и ПО. Выявленные недочеты носят локальный характер и не ухудшают технические характеристики ЭОСНП. Предложены способы их устранения и описаны те улучшения метрологических характеристик прибора и программного обеспечения, которые при этом достигаются.

Произведена корректировка эскизной конструкторской документации и программного обеспечения. Выявленные возможности улучшения ПО реализованы, откорректированное ПО используется при работе с

экспериментальным образцом специализированного нанотвердомера-профилометра. По результатам выявления недочетов в конструкции ЭОСНП, корректировки и оптимизации его конструкции подана заявка на патент на полезную модель. Проведенные дополнительные патентные исследования выявили патентоспособность полученных результатов.

Научно-технический уровень достигнутых результатов превосходит мировые достижения в области контроля механических свойств внутренних поверхностей неразборных изделий. Аналогов у разрабатываемого специализированного нанотвердомера-профилометра на сегодня нет. Используемые физические принципы и технические подходы соответствуют современным представлениям об измерении механических свойств объемных материалов и тонких функциональных покрытий. Оригинальным является подход, позволяющий нивелировать влияние шероховатости на результаты измерения твердости за счет использования априорной информации о модуле Юнга исследуемого материала. Результаты, полученные в ходе анализа и систематизации результатов измерений с помощью ЭОСНП, опубликованы в 2-х статьях в периодических изданиях из перечня Scopus и Web of Science.

Область применения: транспортное машиностроение (авиа-, авто-, судостроение, системы перекачки нефти и газа и т.д.). Разрабатываемые устройства будут применяться для целей контроля параметров металлов, сплавов, модификаторов и лигатур с повышенными конструкционными и функциональными свойствами, материалов с повышенной механической прочностью и химической стойкостью для различных видов транспорта, в том числе для авиационно-космических технологий, судо- и автомобилестроения. Назначение разрабатываемого специализированного нанотвердомера-профилометра – диагностика состояния поверхностей деталей и узлов изделий машиностроительной отрасли, силовых агрегатов в авиастроительной отрасли, а также агрегатов механизмов в аэрокосмической отрасли.

Значимость работы. Контроль технологических процессов является одним из важнейших этапов отработки и внедрения новых технологий в реальном секторе экономики. В настоящее время не существует прямых методов контроля параметров рельефа и механических свойств на внутренних поверхностях каналов на достаточном удалении от входного отверстия. Как правило, оценка качества поверхностей проводится косвенным способом, либо не проводится вовсе, либо оценивается из средних параметров самого процесса модификации поверхности. Инструмент, позволяющий проводить прямые измерения, позволит получить существенно больше информации, что приведет к значительному прогрессу в развитии соответствующих технологий.

Прогнозное предположение о развитии объекта. На следующем этапе работ по ПНИ предусмотрено проведение оценки полноты решения поставленных в ПНИ задач и оценка эффективности полученных результатов, выработка рекомендаций по использованию результатов в реальном секторе экономики и оценка потребности промышленности в разрабатываемых приборах. Будут разработаны технические требования и предложения по разработке, производству и эксплуатации приборов, а также разработан проект технического задания на проведение дальнейших опытно-конструкторских работ.

Настоящий отчет состоит из двух частей: основной и приложений.

Информация о ходе выполнения ПНИ и основных результатах, полученных при выполнении проекта, размещена в Интернет на веб-сайте ФГБНУ ТИСНУМ по адресу <http://www.tisnum.ru/fcp.html>.

СОДЕРЖАНИЕ

Часть 1	1
ВВЕДЕНИЕ	12
1. Анализ и систематизация данных, полученных для разных поверхностей материалов с помощью различных методов измерения шероховатости, твердости и модуля Юнга, сопоставление результатов теоретических исследований, математического моделирования и результатов реальных экспериментальных исследований, проведенных с использованием изготовленного экспериментального образца специализированного нанотвердомера-профилометра	13
1.1 Экспериментальные исследования	13
1.1.1 Результаты анализа и систематизации данных, полученных для разных материалов с помощью различных методов измерения шероховатости.....	13
1.1.2 Результаты измерений шероховатости поверхности, полученные с помощью ЭОСНП	16
1.1.3 Исследование образцов методом инструментального индентирования.....	29
1.1.4 Определение твердости образцов методом склерометрии.....	45
1.1.5 Измерения приведенной твердости методом кривых подвода	66
1.2 Сопоставление экспериментальных результатов с теоретическими исследованиями и моделированием	81
2. Выявление недочетов в конструкции экспериментального образца специализированного нанотвердомера-профилометра и корректировка документации, электрических схем и программного обеспечения	96
2.1 Корректировка ЭКД.....	96
2.2 Электрические схемы	100

2.3 Программное обеспечение.....	101
2.4 Методические аспекты измерения шероховатости.....	105
3. Обзор имеющегося парка приборов для измерения твердости конструкционных материалов и формирование рекламной стратегии вывода на рынок нового специализированного нанотвердомера-профилометра	110
3.1 Основные понятия и определения, используемые при формировании рекламной стратегии	110
3.2 Рекламная стратегия вывода на рынок нового специализированного нанотвердомера-профилометра.....	120
3.2.1 Описание специализированного нанотвердомера-профилометра	120
3.2.2 Обзор парка приборов для измерения твердости конструкционных материалов	122
3.2.3 Сегментирование рынка. Выбор целевой группы воздействия ..	132
3.2.4 Позиционирование нанотвердомера-профилометра.....	134
3.2.5 Проект рекламной кампании	135
4. Проведение оценки РИД, полученных при выполнении ПНИ	145
4.1 Основные понятия и классификация подходов к оценке	145
4.2 Обоснование выбора затратного подхода к оценке РИД	153
5. Закупка оборудования (материалов, комплектующих)	160
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	163
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	167
Часть 2 ПРИЛОЖЕНИЯ	173
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ОТЧЕТ О ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ	175
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ И ПОВЕРКИ ЭОСНП ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ И ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПРОФИЛЕЙ	200

ПРИЛОЖЕНИЕ В. ОТКОРРЕКТИРОВАННАЯ ЭСКИЗНАЯ КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ЭД.НТПС.000-01 НА ЭОСНП	211
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ	221
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. ОТЧЕТ О РЕЗУЛЬТАТАХ ОЦЕНКИ РИД.....	291

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АСМ – атомно-силовой микроскоп

НТД – нормативно-техническая документация

ПГ – план-график

ПНИ – прикладное научное исследование

ПО – программное обеспечение

СЗМ – сканирующий зондовый микроскоп

ASTM – American Society for Testing and Materials

ISO – International Organization for Standardization

АЦП – аналого-цифровой преобразователь

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь

АЧХ – амплитудно-частотная характеристика

ПК – персональный компьютер

DLL – динамически подключаемая библиотека (dynamic linked library)

ОС – операционная система

ЭКД – эскизная конструкторская документация

ТЗ – техническое задание

ЭОСНП – экспериментальный образец специализированного нанотвердомера-профилометра

СНП – специализированный нанотвердомер-профилометр

ИГ – измерительная головка

ЧПУ – числовое программное управление

РИД (РНТД) — результаты интеллектуальной (научно-технической) деятельности, а именно: программы для электронных вычислительных машин, базы данных, изобретения, полезные модели, промышленные образцы, селекционные достижения, топологии интегральных микросхем, секреты производства (ноу-хау), исключительные права на которые сохраняются за университетом

НМА — нематериальные активы

ОИС — объект интеллектуальной собственности

СИ – средства измерения

ГР СИ – Государственный реестр средств измерений

ВВЕДЕНИЕ

Ключевые слова: профилометр, твердомер, твердость, модуль упругости, шероховатость.

Данное прикладное научное исследование проводится в соответствии с Соглашением о предоставлении субсидии №14.577.21.0088 от 22.07.2014 в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы» по лоту шифр «2014-14-579-0067». Тема работы: «Разработка специализированного нанотвердомера-профилометра и методов контроля физико-механических свойств внутренних поверхностей открытых и глухих каналов для применения в машиностроении и авиакосмической отрасли».

На четвертом этапе ПНИ по результатам обширных экспериментов с помощью ЭОСНП проведен анализ и систематизация данных, полученных для разных поверхностей материалов с помощью различных методов измерения наношероховатости, твердости и модуля упругости Юнга. Результаты теоретических исследований и математического моделирования сопоставлены с результатами реальных экспериментальных исследований, проведенных с использованием изготовленного ЭОСНП.

На основании проделанной экспериментальной работы выявлены недочеты в конструкции ЭОСНП и проведена корректировка документации, электрических схем и программного обеспечения.

Индустриальным партнером, ООО «Позитив», сделан обзор имеющегося парка приборов для измерения твердости конструкционных материалов и предложена рекламная стратегия вывода на рынок нового специализированного нанотвердомера-профилометра. Также, индустриальным партнером проведена оценка РИД, полученных на данный момент в рамках выполнения ПНИ, проведена закупка оборудования (материалов, комплектующих).

1. Анализ и систематизация данных, полученных для разных поверхностей материалов с помощью различных методов измерения нанощероховатости, твердости и модуля Юнга, сопоставление результатов теоретических исследований, математического моделирования и результатов реальных экспериментальных исследований, проведенных с использованием изготовленного экспериментального образца специализированного нанотвердомера-профилометра

1.1 Экспериментальные исследования

1.1.1 Результаты анализа и систематизации данных, полученных для разных материалов с помощью различных методов измерения нанощероховатости

Методы измерения твердости, модуля упругости (Юнга) и параметров нанощероховатости с помощью ЭОСНП были отработаны на модельных тестовых образцах, изготовленных Индустриальным партнером согласно п.4.1 ПГ. При измерении шероховатости данных образцов также использовался профилометр модели 130.

Принимая во внимание области применения ЭОСНП, в качестве материалов для изготовленных образцов были выбраны: сталь марки 40X13 и алюминиевый сплав марки Д16Т. Величины твердости и модуля упругости (Юнга) использованных материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения твердости и модуля упругости материалов, из которых были выполнены модельные образцы

Материал образца	Твердость, Н, ГПа	Модуль упругости, Е, ГПа
сталь 40X13	5	200
алюминиевый сплав Д16Т	0,5	70

Конструкционные особенности ЭОСНП позволяют проводить измерения с одинаковой эффективностью как на плоских поверхностях так в внутри сквозных и глухих отверстий. Естественно, на получаемые в ходе

испытаний данные о механических свойствах и параметрах шероховатости образца не должен оказывать влияния тот факт, является ли образец плоским или это отверстие в образце.

Подготовленные для измерений плоскости образцов представляли собой поверхности различной геометрии. В таблице 2 приведено описание 4 типов геометрических конфигураций исследованных образцов.

Таблица 2 – Описание геометрии образцов

Тип образца	Геометрия
1	Плоский образец
2	Плоский разрезной образец с отверстиями различного диаметра (образцы с диаметром отверстий 9 и 15 мм соответственно)
3	Объемный образец с отверстиями диаметром 15 мм
4	Объемный образец с отверстиями диаметром 9 мм

Каждый конкретный образец, принадлежащий одному из перечисленных выше типов, обладал несколькими определенным значением шероховатости поверхности. Таким образом, для любого из четырех типов исследованных образцов с помощью методов шлифовки и полировки были созданы по два подтипа образцов (различающиеся между собой шероховатостью поверхности). Характерные значения параметров шероховатости приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры шероховатости модельных образцов

Тип образца по шероховатости	Параметр шероховатости	
	Ra, мкм	Rmax (Rz), мкм
Шероховатый	10	35
Гладкий	0,01	0,01

В дальнейшем для описания различных образцов используются следующие сокращения.

Образцы, изготовленные из алюминиевого сплава, в дальнейшем обозначаются буквой «А», для стальных образцов после номера следует соответственно буква «С». Поскольку среди образцов, изготовленных из

разных материалов (стали или алюминиевого сплава) присутствуют образцы разных шероховатостей, то для сокращения используются следующие обозначения: «Г» - гладкие, «Ш» - шероховатые. Цифрой после дефиса обозначается диаметр отверстия (если образец имеет отверстие). Если образец плоский (без отверстий), то дополнительная цифра отсутствует. Таким образом, комбинацией «2АГ-9» обозначается шероховатый образец типа 2, изготовленный из алюминия, имеющий отверстие диаметром 9 мм, комбинацией «1СГ» - образец типа 1, выполненный из стали, гладкий и не имеющий отверстий.

Общее число образцов, использованных для проведения испытаний, составило 20 штук. Таблица 4 поясняет введенные в соответствие с типом геометрии, диаметром отверстий (при наличии) и материалом образца обозначения. Дополнительно указывается тип структуры поверхности (гладкая или шероховатая).

Таблица 4 – Обозначения, введенные для модельных образцов различной геометрии и шероховатости

Тип геометрии и материал образца	Обозначение
Образец №1(без отверстий), материал - алюминий	1АГ
	1АШ
Образец №1(без отверстий), материал - сталь	1СГ
	1СШ
Образец №2(отверстия Ø15 и Ø 9 мм, каждое из которых имеет поверхности с различными шероховатостями), материал - алюминий	2АГ-9
	2АШ-9
	2АГ-15
Образец №2(отверстия Ø 15 и Ø9 мм, каждое из которых имеет поверхности с различными шероховатостями), материал - сталь	2АШ-15
	2СГ-9
	2СШ-9
Образец №3(отверстия Ø 15 и Ø15 мм), материал - алюминий	2СГ-15
	2СШ-15
	3АГ-15
Образец №3(отверстия Ø 15 и Ø15 мм), материал - сталь	3АШ-15
	3СГ-15
	3СШ-15
Образец №4(отверстия Ø 9 и Ø9 мм), материал - алюминий	4АГ-9
	4АШ-9
Образец №4(отверстия Ø 9 и Ø9 мм), материал - сталь	4СГ-9
	4СШ-9

1.1.2 Результаты измерений шероховатости поверхности, полученные с помощью ЭОСНП

На каждом из обозначенных выше типов поверхностей было снято по десять линейных профилей, каждый из которых был обработан с целью получения параметров шероховатости R_a и R_{max} . Обработка данных была согласована с российскими и международными стандартами в области измерения геометрических характеристик изделий: ГОСТ 2789-73, ГОСТ Р ИСО 4287-2014 и ISO4287:97, ISO4287:84. При этом следует иметь в виду, что R_{max} в стандарте ISO4287:97 обозначается как R_z , а в стандарте ISO4287:84 как R_y , в программе профилометра модели 130 эта величина обозначается как R_{max} (R_y). Так как инструментальная обработка поверхностей при формировании заданной шероховатости проводилась одинаковым образом, представляется целесообразным привести примеры типичных профилей для алюминиевых шероховатых поверхностей, алюминиевых гладких поверхностей, стальных шероховатых и стальных гладких поверхностей. При этом основной массив полученных профилей не приводится в отчете, и результаты статистической обработки снятых данных представлены в итоговой таблице. Рассмотрим более подробно процесс обработки на примере профиля, полученного на поверхности 1АШ-9 (рисунок 1).

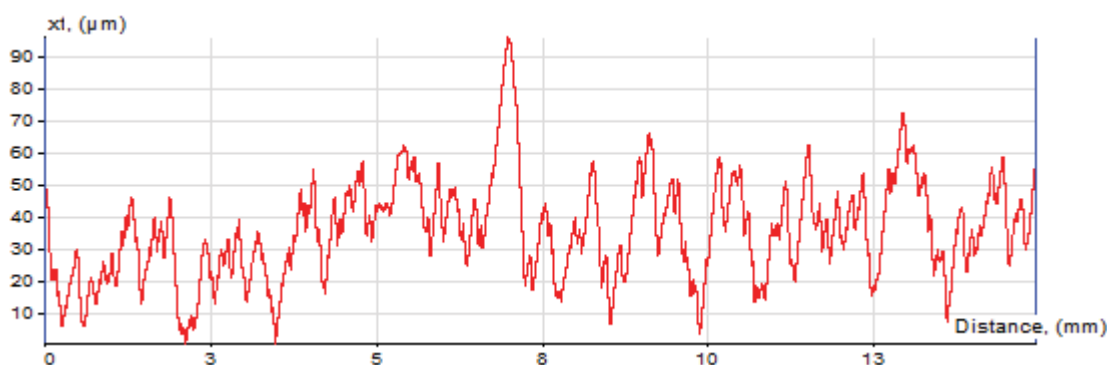


Рисунок 1 – Исходный профиль поверхности, полученный на образце 1АШ-9

Данный профиль был обработан с использованием процедур, описанных в ISO4287: '97 и ISO3274: '96. В начале была удалена высокочастотная компонента спектра путем использования Гауссового фильтра с длиной волны $\lambda_s=2.5$ мкм, затем в полученном профиле, также с использованием Гауссового фильтра с длиной волны $\lambda_c=800$ мкм была выделена длинноволновая составляющая (Waviness profile, профиль волнистости) и коротковолновая составляющая (Roughness profile, профиль шероховатости) (рисунок 2).

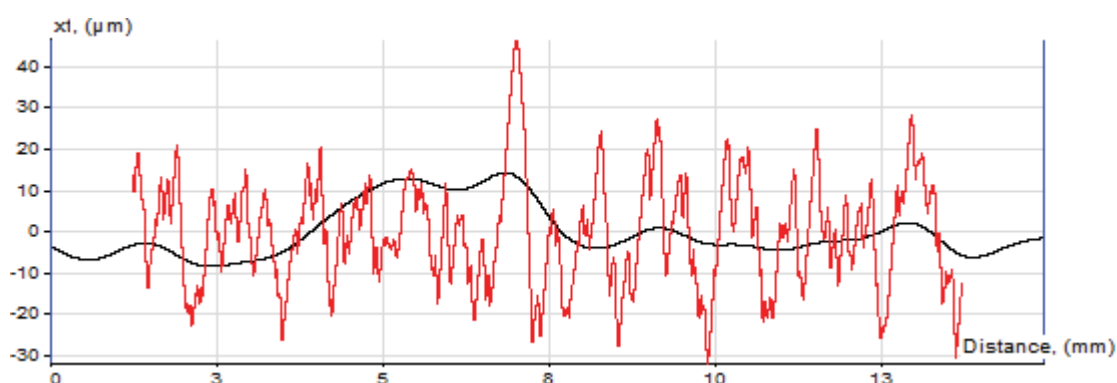


Рисунок 2 – Профиль шероховатости (красная линия) и профиль волнистости (черная линия) поверхности “1АШ-9”

По профилю шероховатости производят расчет необходимых параметров (R_p , R_v , R_z (R_{max}), RSm и других), а также опорную кривую (bearing ratio curve), показывающую зависимость высоты прямой, отсчитанной от средней линии профиля шероховатости, от доли материала, находящегося под этой прямой. Пример такой кривой для данного профиля представлен на рисунке 3.

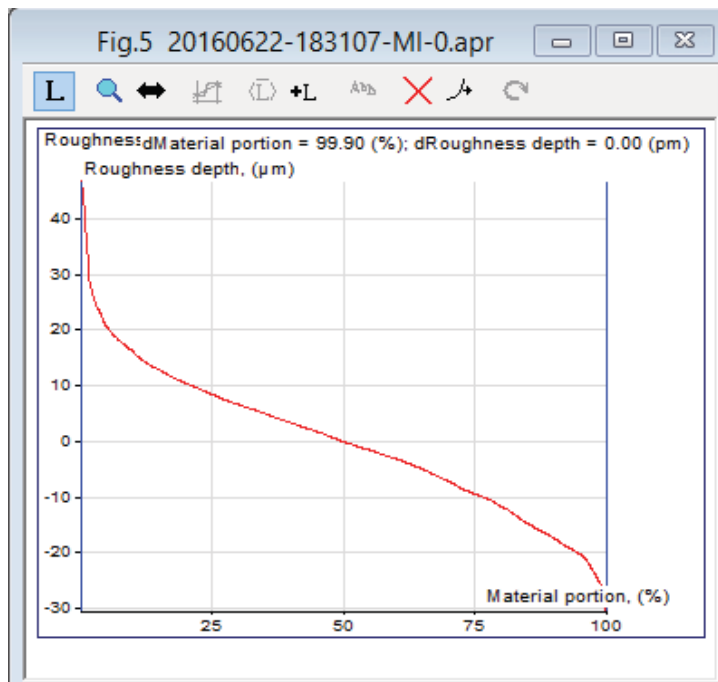


Рисунок 3 – Опорная кривая, рассчитанная для профиля шероховатости поверхности 1АШ-9

Таблица параметров, рассчитываемых программой ЭОСНП, представлена на рисунке 4.

Roughness measurement results

Line: prof_1300-44125(001):Line #1

Parameter \ #	Mean	1
Ra, nm	9590.70	9590.70
Rz, nm	78656.99	78656.99
Rq, nm	12067.29	12067.29
Rsk	0.33	0.33
Rku	3.36	3.36
Rdq	0.22	0.22
Sm, nm	653421.80	653421.80
Rpk, nm	15032.23	15032.23
Rk, nm	33443.72	33443.72
Rvk, nm	7919.07	7919.07
Mr1, %	9.21	9.21
Mr2, %	11.31	11.31

OK Export...

Рисунок 4 – Параметры шероховатости профиля поверхности 1АШ-9

Аналогичный расчет был проведен для 10 профилей для каждой из 10 поверхностей, имеющих маркировку АШ результаты вычисления параметров шероховатости, а также ошибка измерений представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Полученные значения параметров шероховатости для шероховатых алюминиевых образцов

	Ra, мкм	Rmax (Rz), мкм	Rq, мкм
1АШ	9.8±0.9	72.4±5	12.4±0.9
2АШ-9	9.9±0.6	73.2±5	11.8±1.0
2АШ-15	9.7±0.8	69.4±6	12.1±1.2
3АШ-15	10.2±0.7	72.8±4	11.9±1.1
4АШ-9	10.1±0.7	72.5±6	11.9±0.8

Пример профиля, измеренного на гладкой поверхности алюминия (поверхность 1АГ-9) представлен на рисунке 5.

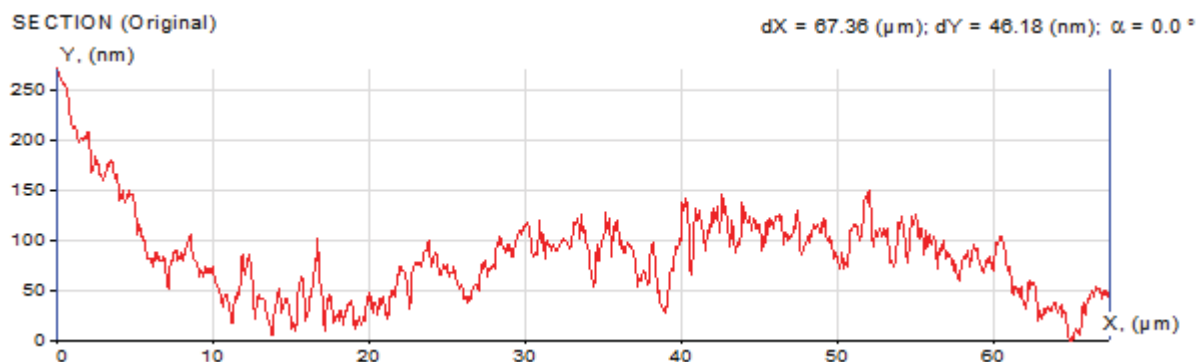


Рисунок 5 – Исходный профиль поверхности “1АГ-9”

В результате обработки, аналогичной описанной выше, примененной для профилей с короткой базой с параметрами $\lambda_s=1.35$ мкм, $\lambda_c=13.5$ мкм были получены профили шероховатости и волнистости, представленные на рисунке 6.

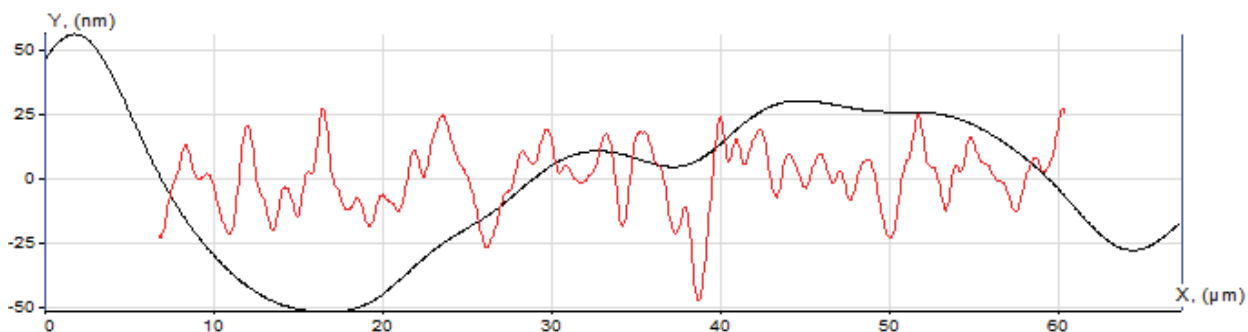


Рисунок 6 – Профиль шероховатости (красная линия) и профиль волнистости (черная линия) поверхности 1АГ-9

Соответствующая опорная кривая, полученная для профиля шероховатости, представлена на рисунке 7.

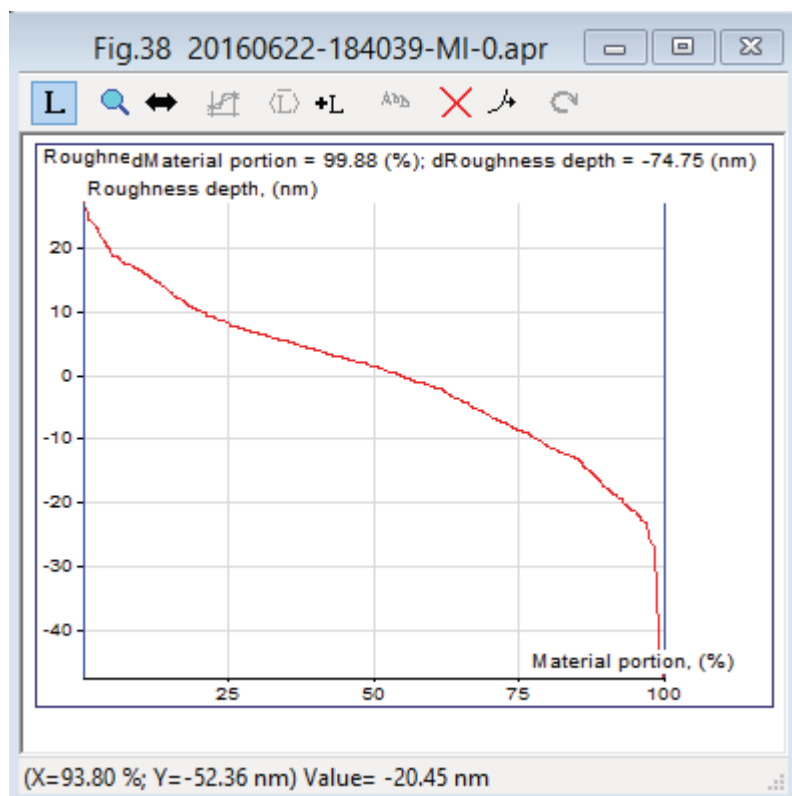


Рисунок 7 – Опорная кривая, рассчитанная для профиля шероховатости поверхности 1АГ-9

Таблица вычисленных параметров шероховатости приведена на рисунке 8.

Roughness measurement results

Line: prescan-98139(Z_St)-4:Original

Parameter \ #	Mean	1
Ra, nm	10.45	10.45
Rz, nm	74.75	74.75
Rq, nm	12.78	12.78
Rsk	-0.51	-0.51
Rku	3.55	3.55
Rdq	0.02	0.02
Sm, nm	5422.58	5422.58
Rpk, nm	7.99	7.99
Rk, nm	28.52	28.52
Rvk, nm	15.62	15.62
Mr1, %	11.63	11.63
Mr2, %	14.83	14.83

Рисунок 8 – Параметры шероховатости профиля поверхности 1АГ-9

Также как и в предыдущем случае, результаты были усреднены по десяти профилям для каждой поверхности. Итоговые значения параметров приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Полученные значения параметров шероховатости для гладких алюминиевых образцов

	Ra, нм	Rmax (Rz), нм	Rq, нм
1АГ	9.5±0.9	71.4±4	11.8±0.7
2АГ-9	10.2±0.6	73.2±2	12.8±1.1
2АГ-15	10.1±0.8	72.9±4	12.1±0.8
3АГ-15	9.8±0.7	69.8±4	11.9±1.0
4АГ-9	10.4±0.7	74.6±5	12.7±0.9

Сравнение таблиц 5 и 6 показывает, что по приведенным параметрам измеренные характеристики образцов удовлетворяют требованиям ТЗ. Размах высот неровностей R_z примерно в 6 раз превышает стандартное отклонение R_q , что вполне соответствует Гауссову распределению высот (99.7% точек попадают в интервал 3σ).

С целью получения дополнительной информации о характере шероховатости был проведено сравнение различных поверхностей по

параметру $R\Delta q$ (обозначен Rd_q в таблице, выводимой ПО ЭОСНП), значение которого для шероховатых и гладких образцов приведено в таблице 7.

Таблица 7 – Значение среднего наклона поверхности для алюминиевых образцов

	$R\Delta q$		$R\Delta q$
1АГ	0.021±0.009	1АШ	0.22±0.10
2АГ-9	0.019±0.01	2АШ-9	0.20±0.11
2АГ-15	0.022±0.01	2АШ-15	0.22±0.09
3АГ-15	0.020±0.011	3АШ-15	0.21±0.12
4АГ-9	0.019±0.01	4АШ-9	0.19±0.11

Так как параметр $R\Delta q$ фактически означает средний наклон поверхности, из представленной таблицы видно, что большая шероховатость обладает большим наклоном. Однако следует заметить, что профилирование производилось индентором в форме пирамиды Берковича, угол между высотой и гранью которого составляет около 65° , а угол между ребром и высотой – около 77° . Таким образом, при вертикальном положении пирамидой, направленной вершиной вниз, минимальный угол между поверхностью плоского образца и линией, проходящей по поверхности иглы, будет равен углу между ребром и поверхностью образца и будет составлять около 13° , $\text{tg}(13^\circ)=0.23$, что очень близко к измеренному значению $R\Delta q$ на шероховатых поверхностях. Таким образом, в общем случае, допускающем профилирование «ребром вперед», реально допустимые к измерению значения $R\Delta q$ ограничены значением ~ 0.23 ; для других ориентаций пирамиды это значение несколько выше. Большинство промышленных профилометров имеют щуп в форме конуса со сферическим кончиком. При этом аспектное отношение для конуса обычно достигает 10, а радиус кончика не превышает единиц микрон. Такие щупы не пригодны для измерения наношероховатости, но отлично измеряют микрошероховатость с достаточно большим значением $R\Delta q$.

Такого рода профилометр модели Профи-130 (оборудование входит в состав ЦКП ТИСНУМ) был использован для исследования поверхности 1АГ-

9. Полученные на профилометре данные, а также рассчитанные параметры шероховатости представлены на рисунке 9.

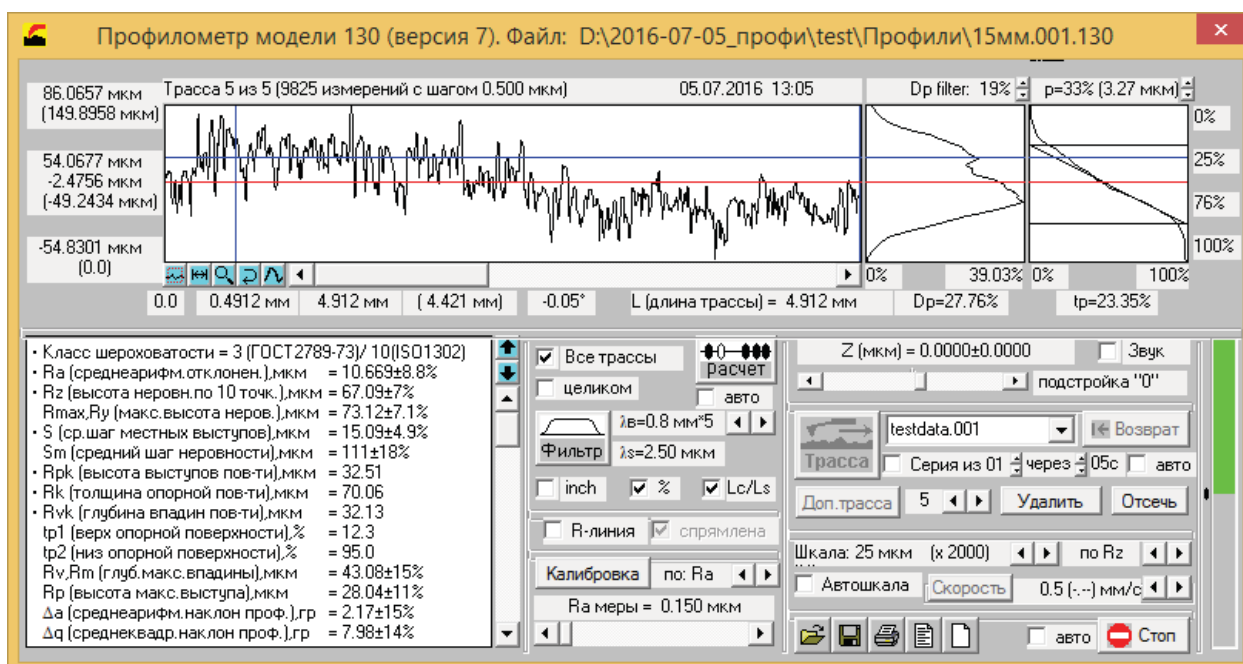


Рисунок 9 – Профиль поверхности “1АГ-9”, а также результаты расчета параметров шероховатости, полученные на профилометре модели Профи-130

Таблица 8 – Полученные значения параметров шероховатости для шероховатых стальных образцов

	Ra, мкм	Rmax (Rz), мкм	Rq, мкм
1ШГ	10.1±0.8	71.5±5	12.0±1.0
2ШГ-9	9.8±0.8	71.4±6	11.7±1.0
2ШГ-15	10.6±0.9	74.3±7	12.3±0.9
3ШГ-15	9.9±0.7	73.6±5	11.8±1.1
4ШГ-9	9.6±0.8	71.3±5	11.7±0.9

Полученные на промышленном профилометре данные совпали с результатами измерения с использованием ЭОСНП. Это указывает на правильную работу разработанного прибора и отсутствие в структуре поверхности неровностей с большим углом наклона.

Аналогичное исследование шероховатости было также проведено на образцах стали (см. таблицу 8). Пример профиля, полученного на шероховатой поверхности 1СШ-15, приведен на рисунке 10.

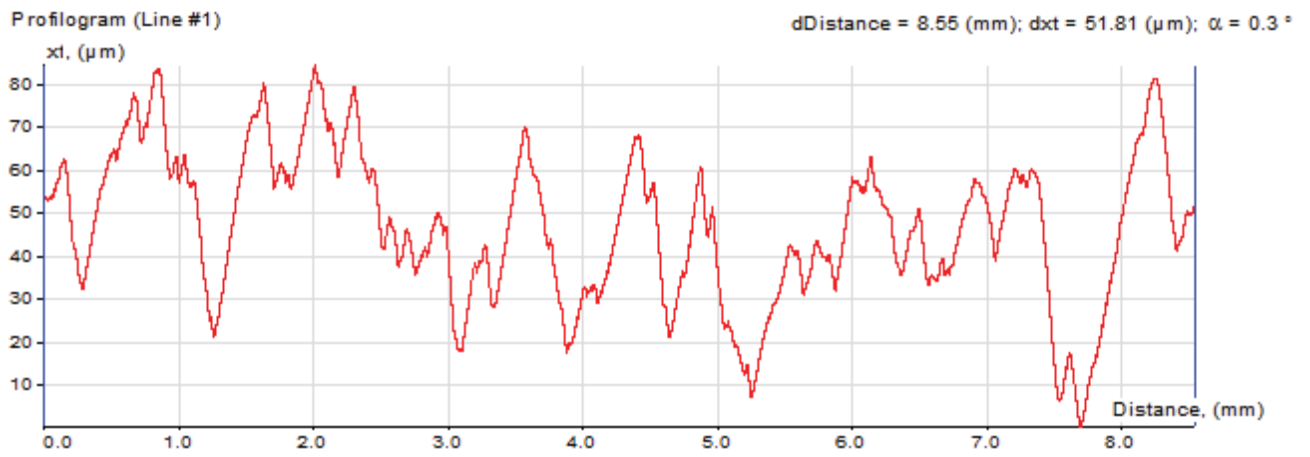


Рисунок 10 – Профиль поверхности “1СШ-15”, полученный с помощью ЭОСНП

Также используя Гауссову фильтрацию с $\lambda_c=250$ мкм и $\lambda_s=2.5$ мкм, из данного профиля был получен профиль шероховатости и волнистости, которые представлены на рисунке 11.

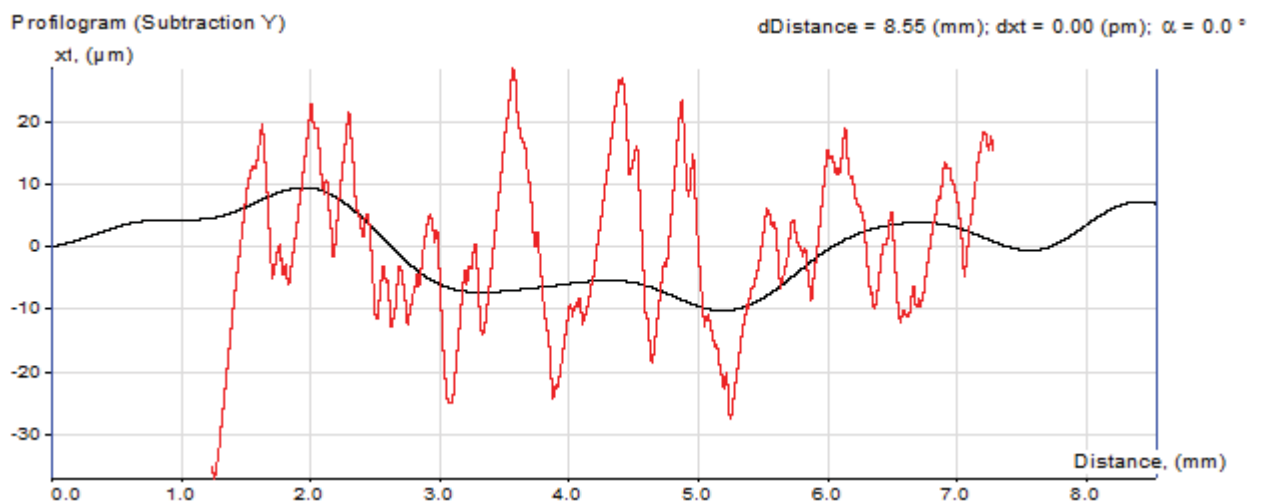


Рисунок 11 – Профиль шероховатости (красная линия) и профиль волнистости (черная линия), полученные для поверхности 1СШ-15

Соответствующая данному профилю опорная кривая представлена на рисунке 12.

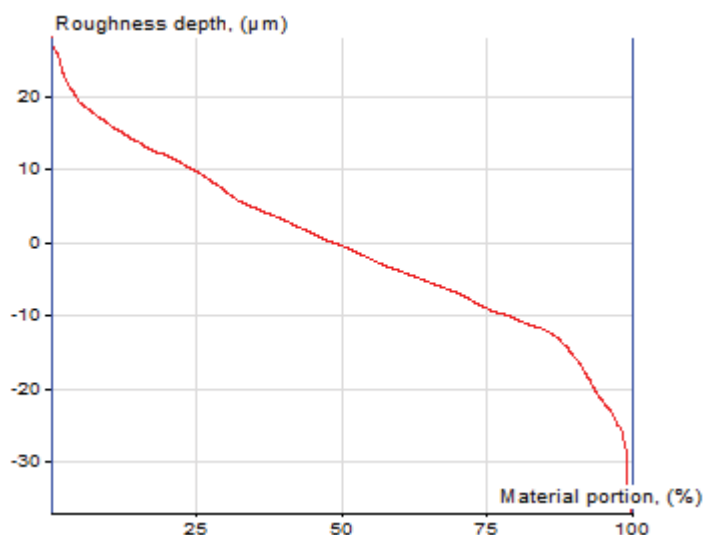


Рисунок 12 – Опорная кривая, полученная для поверхности 1СШ-15

Таблица вычисленных для поверхности 1СШ-15 параметров шероховатости приведена на рисунке 13.

Roughness measurement results

Line: prof_1300-44123(001):Line #1

Parameter \ #	Mean	1
Ra, nm	10153.81	10153.81
Rz, nm	65497.88	65497.88
Rq, nm	12449.67	12449.67
Rsk	-0.15	-0.15
Rku	2.67	2.67
Rdq	0.19	0.19
Sm, nm	887538.46	887538.46
Rpk, nm	7804.07	7804.07
Rk, nm	33171.90	33171.90
Rvk, nm	12429.74	12429.74
Mr1, %	10.00	10.00
Mr2, %	8.67	8.67

OK Export...

Рисунок 13 – Параметры шероховатости поверхности 1СШ-15

Измерение профилей было произведено также на гладких поверхностях стали. Пример профилограммы, полученной для профиля 1СГ-9, представлен на рисунке 14.

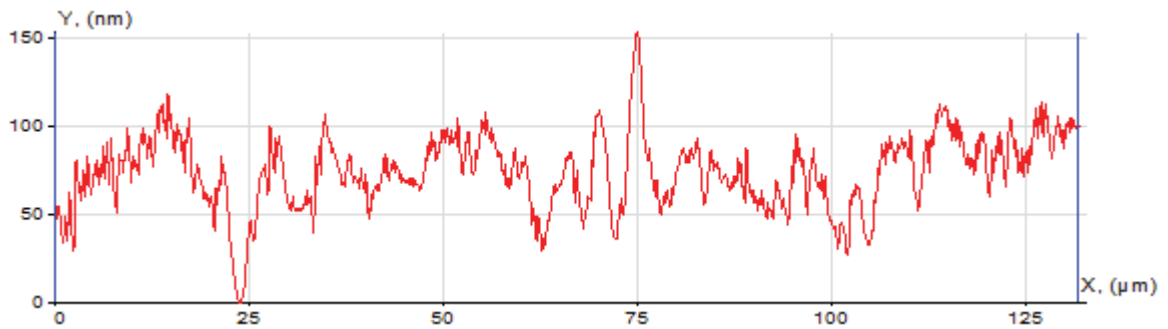


Рисунок 14 – Исходный профиль поверхности “1СГ-9”

В результате обработки, аналогичной описанной выше, примененной для профилей с короткой базой с параметрами $\lambda_s=2.5$ мкм, $\lambda_c=26.3$ мкм были получены профили шероховатости и волнистости, представленные на рисунке 15.

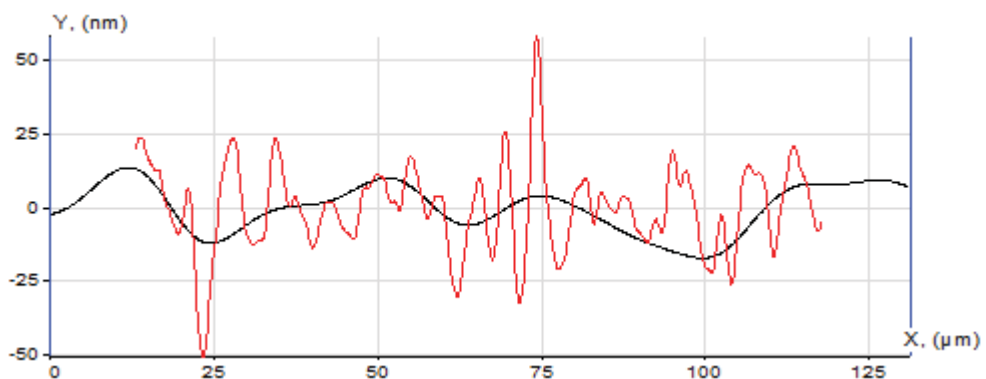


Рисунок 15 – Профиль шероховатости (красная линия) и профиль волнистости (черная линия) “1СГ-9”

Соответствующая профилю шероховатости опорная кривая представлена на рисунке 16.

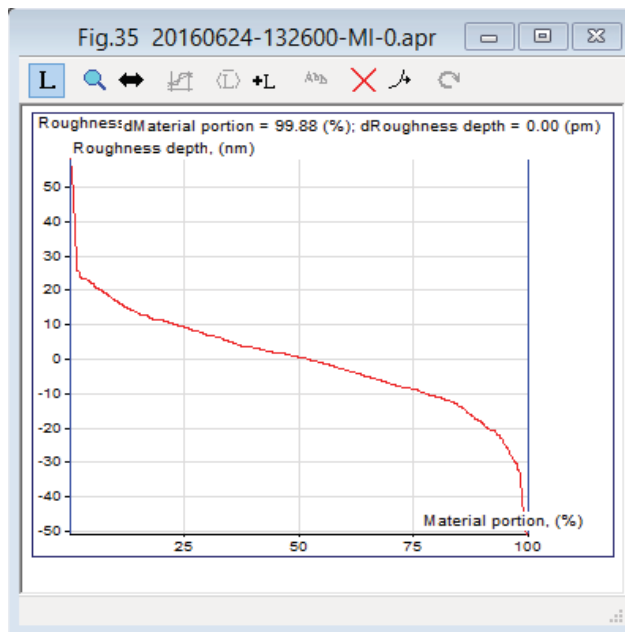


Рисунок 16 – Опорная кривая, соответствующая профилю шероховатости образца 1СГ-9

Вычисленные параметры шероховатости в таблице на рисунке 17.

Roughness measurement results

Line: prescan_2-98003(Z_St)-5:Original

Parameter \ #	Mean	1
Ra, nm	11.24	11.24
Rz, nm	109.14	109.14
Rq, nm	14.91	14.91
Rsk	-0.03	-0.03
Rku	4.75	4.75
Rdq	0.02	0.02
Sm, nm	12251.39	12251.39
Rpk, nm	15.81	15.81
Rk, nm	33.86	33.86
Rvk, nm	17.30	17.30
Mr1, %	10.54	10.54
Mr2, %	11.53	11.53

OK Export...

Рисунок 17 – Параметры шероховатости, вычисленные для образца “1СГ-9”

Обобщенные данные о шероховатости стальных образцов представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Параметры шероховатости стальных гладких образцов

	Ra, нм	Rmax (Rz), нм	Rq, нм
1СГ	9.7±0.8	71.3±6	12.0±1.1
2СГ-9	10.3±0.9	71.6±5	12.1±0.9
2СГ-15	10.6±0.7	73.8±6	12.4±1.1
3СГ-15	10.2±0.7	73.4±7	12.0±0.9
4СГ-9	9.6±0.9	72.0±5	11.8±1.0

Для модельного образца 1СШ были проведены измерения шероховатости с использованием промышленного профилометра модели Профи-130. Полученные данные ($R_a = 9.6 \pm 8.8\%$, $R_z = 70.12 \pm 7.1\%$, рис. 18) совпали с результатами измерения на ЭОСНП.

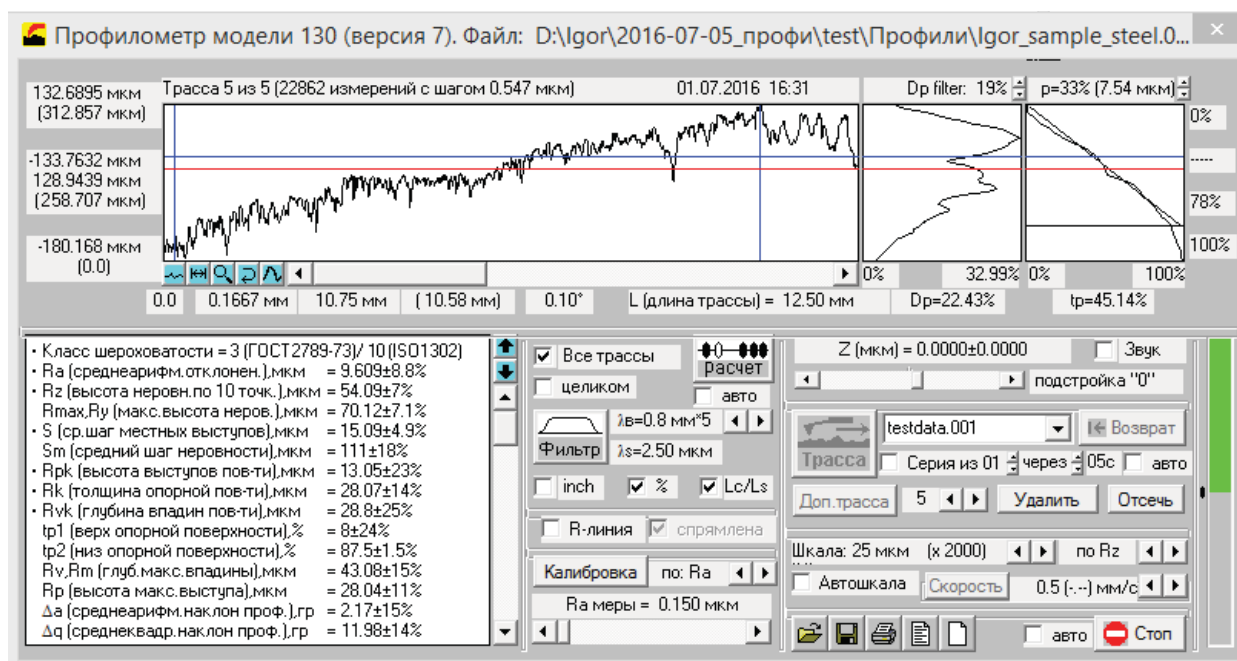


Рисунок 18 – Профиль поверхности “1СШ”, а также результаты расчета параметров шероховатости, полученные на профилометре модели Профи-130

Таким образом испытания ЭОСНП были проведены в полном объеме и полученные результаты не вызывают сомнений в возможности измерения шероховатости плоских поверхностей, внутренних поверхностей сложных машиностроительных изделий.

Отличительной особенностью получаемых данных является высокое пространственное разрешение снимаемых профилограмм, как в латеральном,

так и вертикальном направлении. Для большинства машиностроительных изделий при изготовлении которых используется металлорежущее оборудование данные о шероховатости, получаемые с использованием ЭОСНП носят вполне адекватный характер. Ошибки при измерении шероховатости могут возникнуть только при исследовании поверхностей с крайне выраженным рельефом, когда среднее значение углов между локальной поверхностью и плоскостью образца превышает 13° . Для устранения данного недостатка и согласования аспектного отношения острия пьезорезонансного зонда с типичным щупом микропрофилометра возможно изготовление индентора специальной формы. Такой индентор в форме узкого конуса с кончиком в виде пирамиды Берковича вполне может быть изготовлен, если конкретному потребителю понадобится измерять шероховатость поверхностей с сильно выраженным рельефом в виде иголочек на волнистой поверхности.

В целом полученные данные говорят о пригодности ЭОСНП для измерения шероховатости и соответствии достигнутых технических характеристик требованиям ТЗ на ПНИ.

1.1.3 Исследование образцов методом инструментального индентирования

В ГОСТе на измерение твердости и модуля Юнга методом инструментального индентирования оговариваются требования к допустимому уровню шероховатости исследуемой поверхности. Обычное требование состоит в том, чтобы R_a исследуемой поверхности составляло не более 10% от глубины индентирования. К сожалению, при работе с реальными машиностроительными изделиями выполнение столь жесткого требования по уровню шероховатости часто оказывается невыполнимым. На 2 этапе работ по ПНИ было проведено теоретическое и экспериментальное исследования влияния шероховатости на разброс получаемых значений твердости и Модуля Юнга. Была предложена модель, учитывающая это

влияние, и разработаны критерии, позволяющие на основе данных полученных методом инструментального индентирования оценить погрешность вызванную шероховатостью исследуемой поверхности.

Исходя из задач, которые стоят перед разработчиками специализированного нанотвердомера-профилометра, было необходимо провести анализ данных получаемых с помощью метода инструментального индентирования (в первую очередь твердости) при различных уровнях шероховатости поверхности исследуемых образцов. Влияние шероховатости образца и случайный наклон поверхности изменяют поля упругих напряжений и площадь контакта, которые играют важную роль при проникновении индентора в поверхность и видоизменяют кривую нагружения-разгрузки, искажая данные о твердости и модуле Юнга материала. Особенно сильно данные эффекты проявляются на начальных участках углубления в шероховатый образец и при малых усилиях индентирования. Более подробное описание физических эффектов наблюдаемых при индентировании шероховатой поверхности приведено в разделе 2.1 отчета за 2 этап.

На каждом из тестовых образцов были произведены серии уколов в диапазоне нагрузок от 1 мН до 60 мН. В результате были получены зависимости твердости от контактной глубины. Соответствующие графики представлены на рисунках 19 – 26.

Вначале обратимся к данным по твердости в зависимости от контактной глубины, полученным на гладком и плоском образце алюминия (1АГ). Для того чтобы продемонстрировать более детально зависимость твердости от контактной глубины, были обработаны данные для 7 различных величин нагрузки. На рисунке 19 отображены рассчитанные значения твердости для следующих величин нагрузок: 1, 2, 4, 10, 20, 40 и 60 мН (здесь и в дальнейшем на графике ряды точек, соответствующие определенной нагрузке, выделены разным цветом; при движении слева направо вдоль оси контактной глубины нагрузка растет).

Как видно из полученных зависимостей, с увеличением прикладываемой к образцу силы ряд точек становится более пологим (т.е. разброс значений твердости уменьшается). Такая ситуация была рассмотрена в разделе 2.4 отчета за 2 этап. Вкратце, поскольку твердость есть отношение прикладываемой нагрузки к площади контакта индентора с поверхностью, то при заниженном значении контактной площади (что возникает в случае, если поверхность не является идеально гладкой) измеренное значение твердости может оказаться как завышенным относительно ее реальной величины, так и заниженным. Смещение оценки в каждом конкретном акте наноиндентирования зависит от того на горку или ямку по попадает острие индентора при инструментальном индентировании. Горка приводит к занижению твердости, ямка к завышению измеренной величины. Этот эффект становится менее заметен с увеличением нагрузки (что мы и видим на рисунке 19).

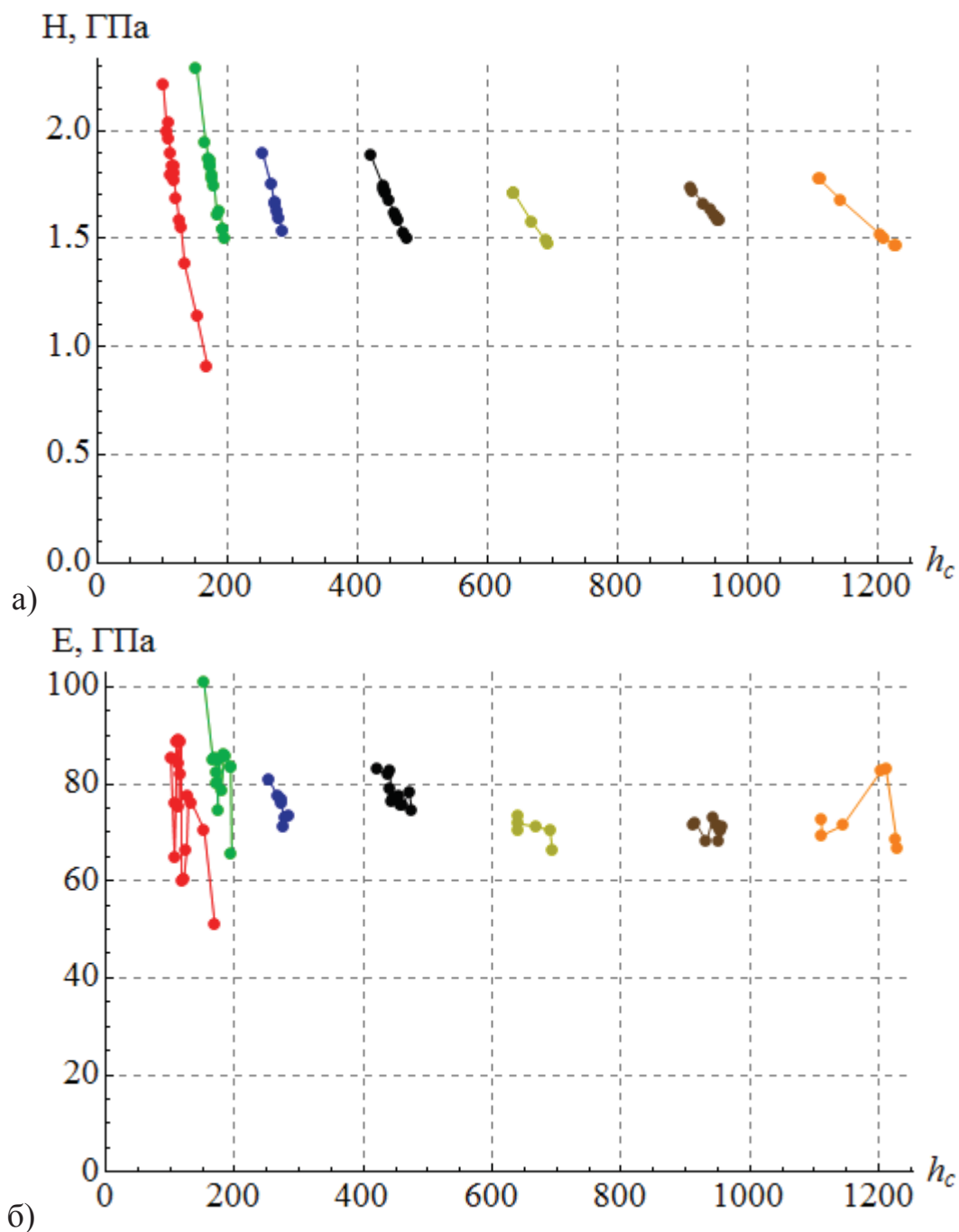


Рисунок 19 – Зависимость твердости (а) и модуля упругости (б) от контактной глубины индентирования для образца 1АГ

Для стальных образцов 1СГ и 2СГ-9, имеющих гладкую поверхность (с параметром шероховатости $R_a = 10$ нм), один из которых плоский, а другой – с отверстием диаметром 9 мм, также были получены значения твердости в зависимости от контактной глубины для нагрузок 1, 10, 20, 60 мН. Уточним, что при измерении твердости внутри отверстий был применен описанный ранее алгоритм поиска минимума, так что твердость измерялась

на плоском участке поверхности и ситуация, в которой индентор касался бы измеряемого участка гранью, а не острием, не возникала. Из сравнения рисунков 20 и 21 можно заключить, что наличие отверстий (при четком позиционировании индентора на ровном участке, что и было сделано) не оказывает видимого влияния на получаемые значения твердости. Поведение разброса величины твердости (падение с ростом нагрузки за исключением небольших отклонений) наблюдалось для образца 2СГ-9, также как и для образца 1СГ.

Из графиков хорошо видно, что увеличение уровня шероховатости приводит к росту разброса получаемых данных о твердости и модуле Юнга исследуемого материала. Аналогичная картина наблюдалась и при исследовании стальных образцов. Вариативность получаемых данных падает по мере увеличения нагрузки при индентировании. Однако при таких уровнях шероховатости ее влияние остается значимых при нагрузках соответствующих максимальному усилию при индентировании экспериментального образца сканирующего нанотвердомера.

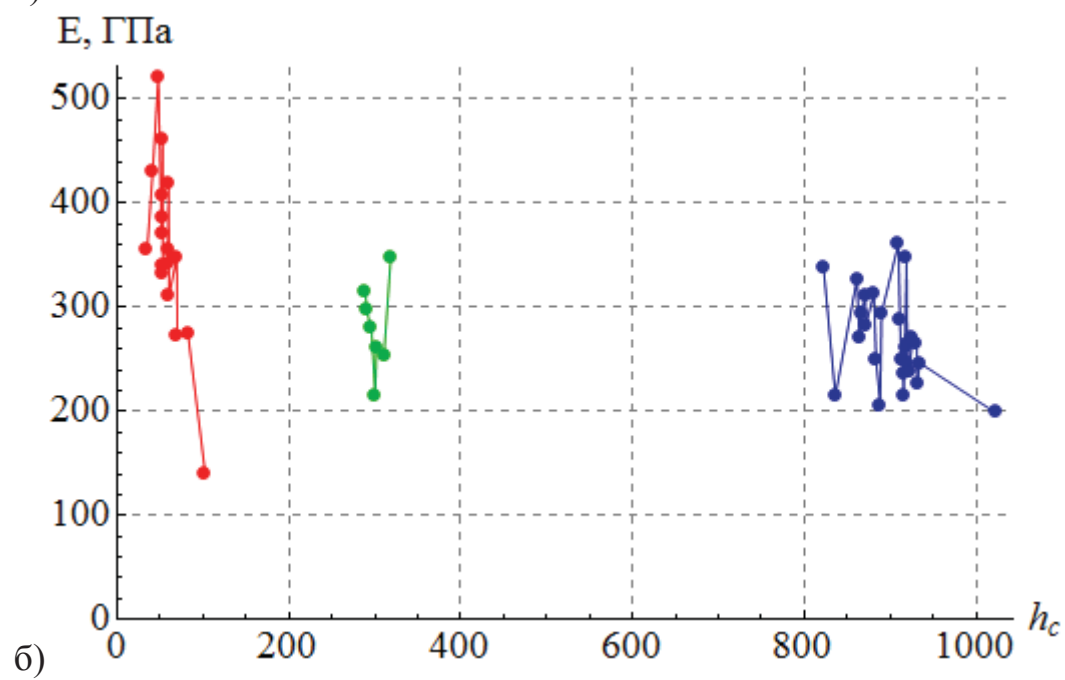
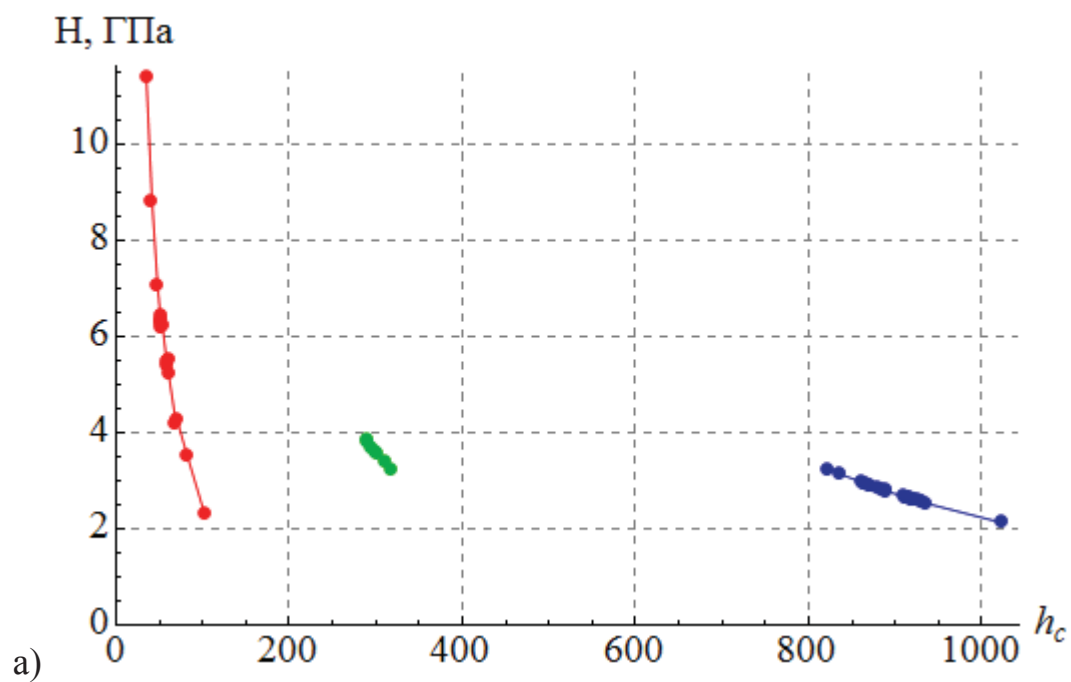


Рисунок 20 – Зависимость твердости (а) и модуля упругости (б) от контактной глубины индентирования для образца 1СГ (1СШ гладкая)

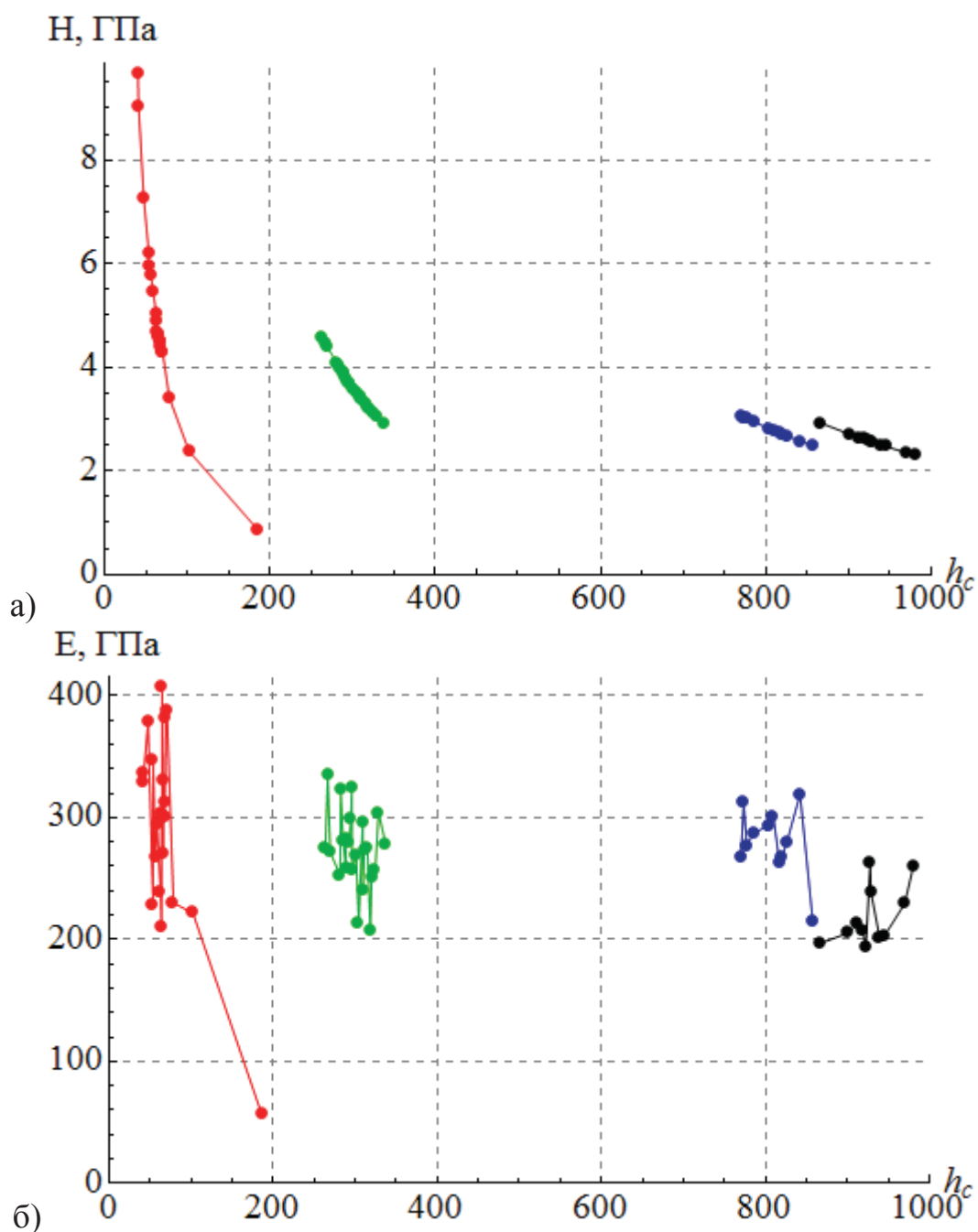


Рисунок 21 – Зависимость твердости (а) и модуля упругости (б) от контактной глубины индентирования для образца 2СГ-9 (1СГ очень гладкая)

Далее проведем рассмотрение результатов, полученных на образцах алюминия с параметром шероховатости R_a , равным 10 микрометрам. На рисунках 22 и 23 приведены зависимости, полученные соответственно на разрезном образце типа 2 и образце типа 4, имеющих отверстия диаметром 9 мм.

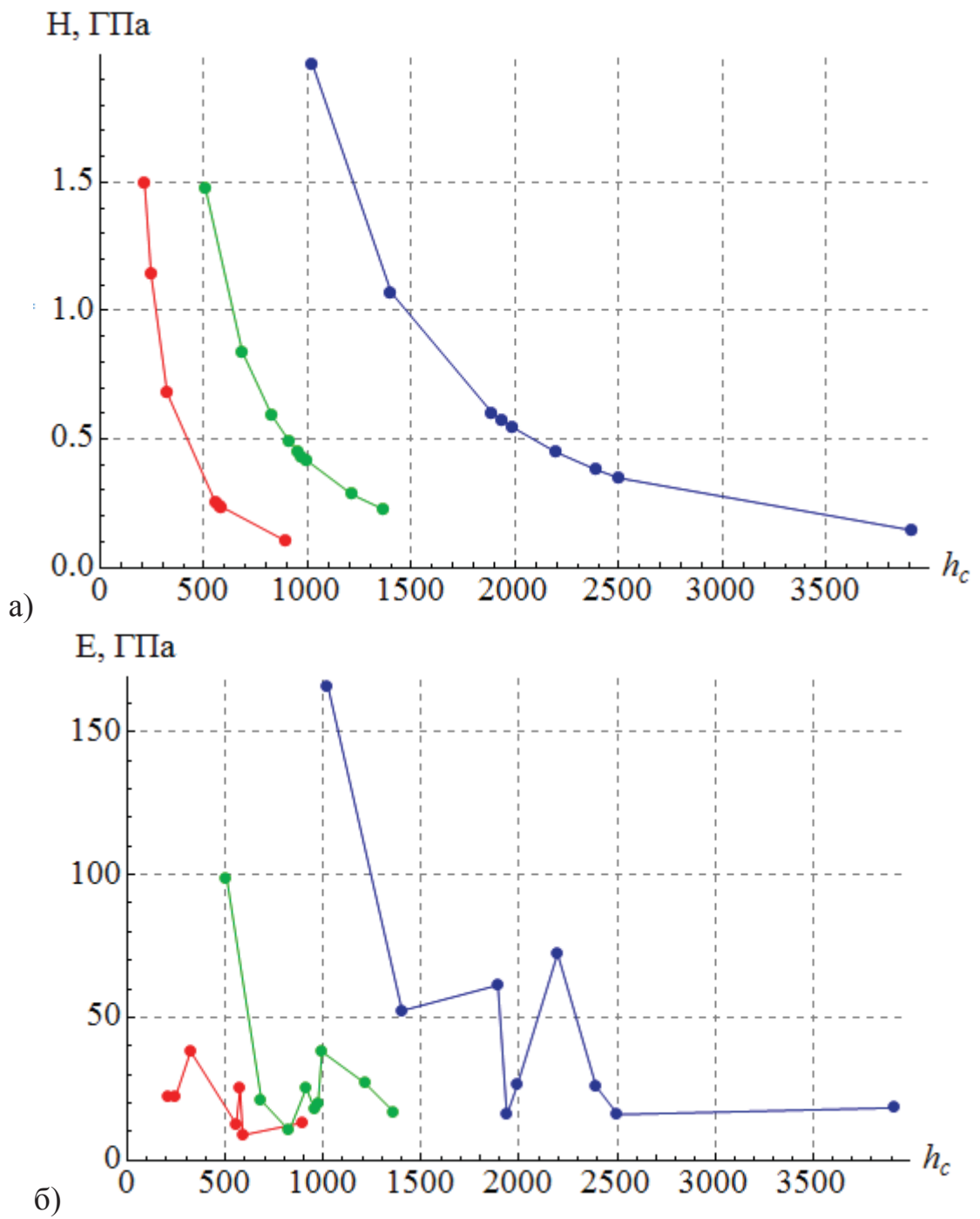


Рисунок 22 – Зависимость твердости (а) и модуля упругости (б) от контактной глубины индентирования для образца 2АШ-9

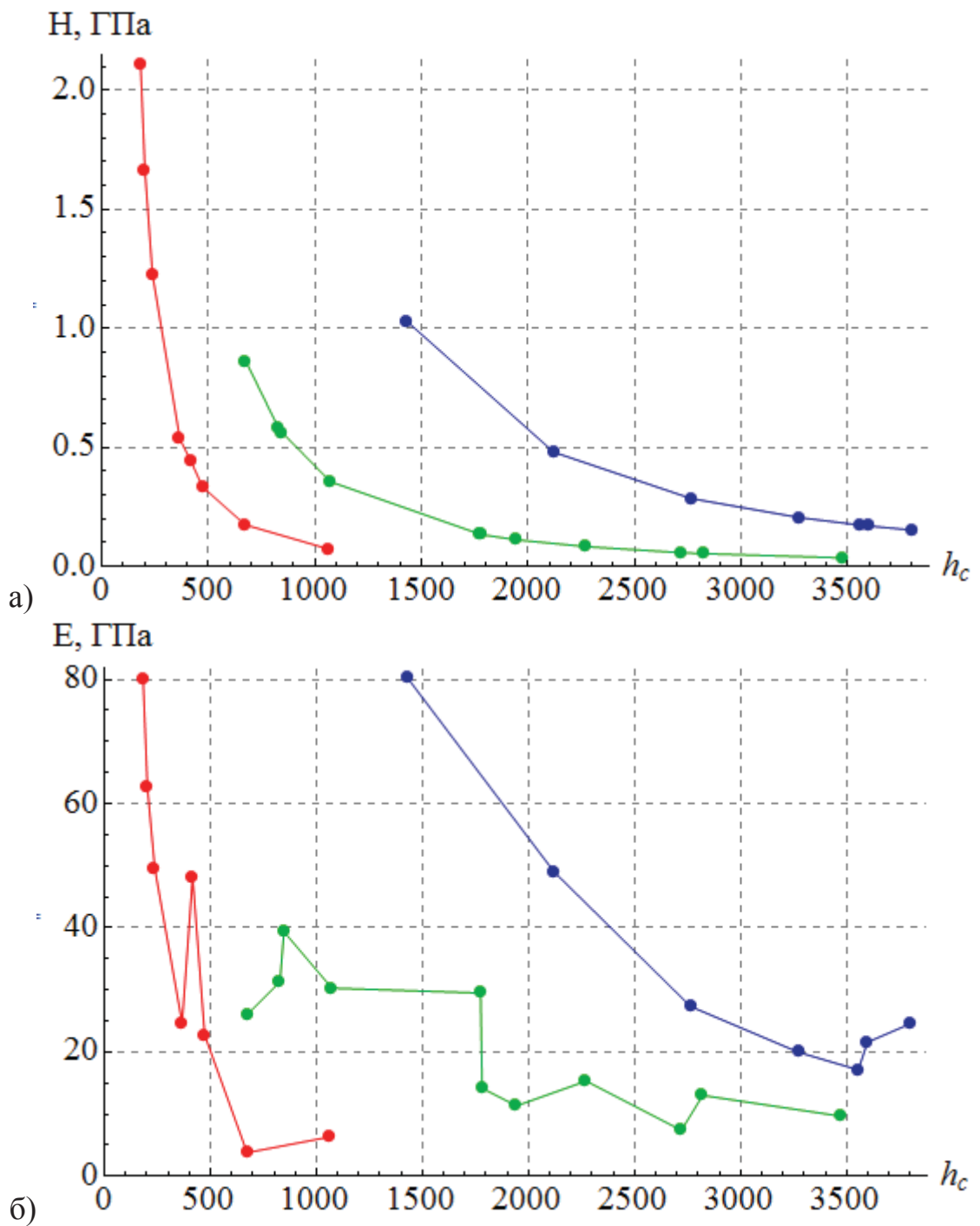


Рисунок 23 – Зависимость твердости (а) и модуля упругости (б) от контактной глубины индентирования для образца 4АШ-9

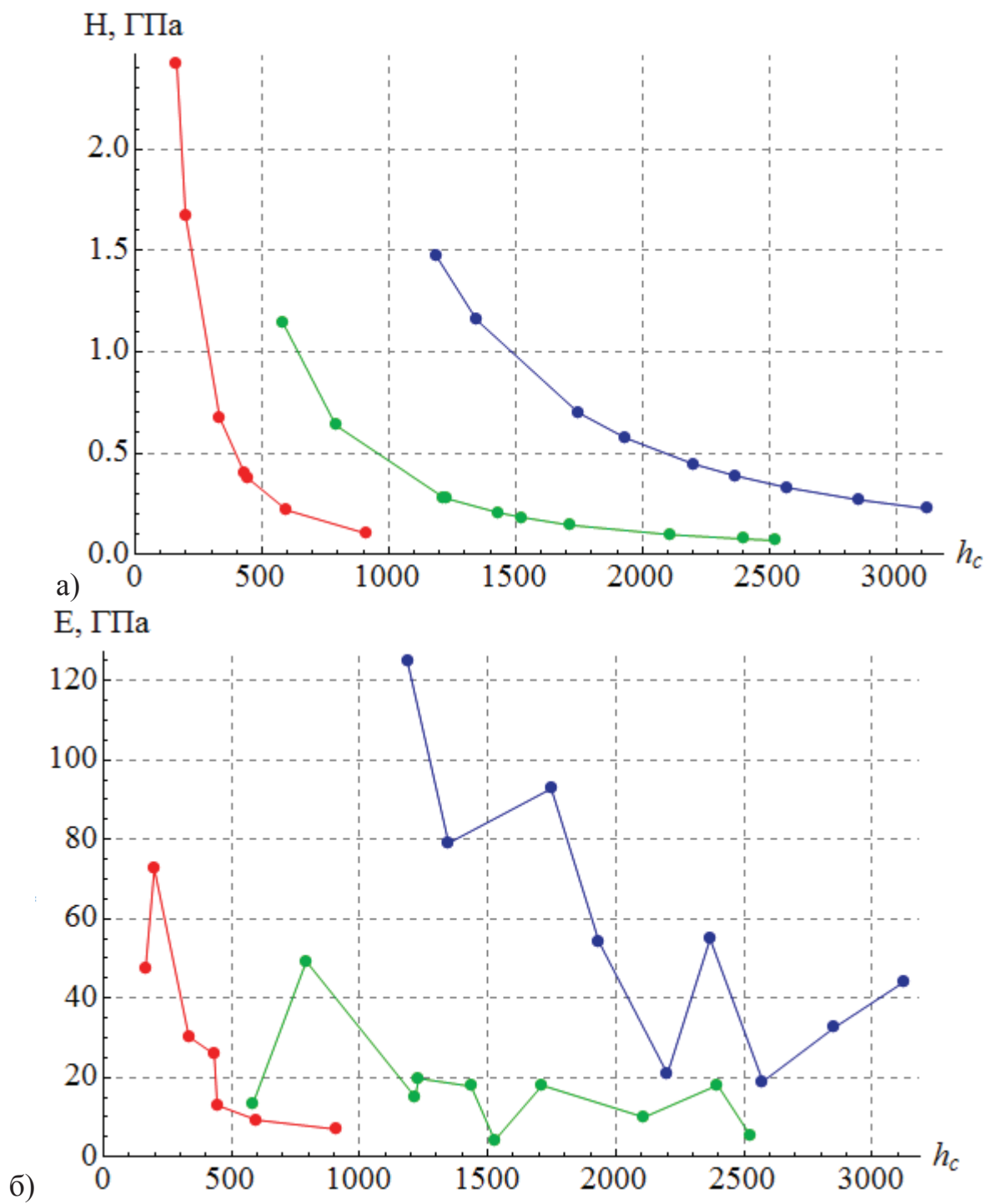


Рисунок 24 – Зависимость твердости (а) и модуля упругости (б) от контактной глубины индентирования для образца 2АШ-15

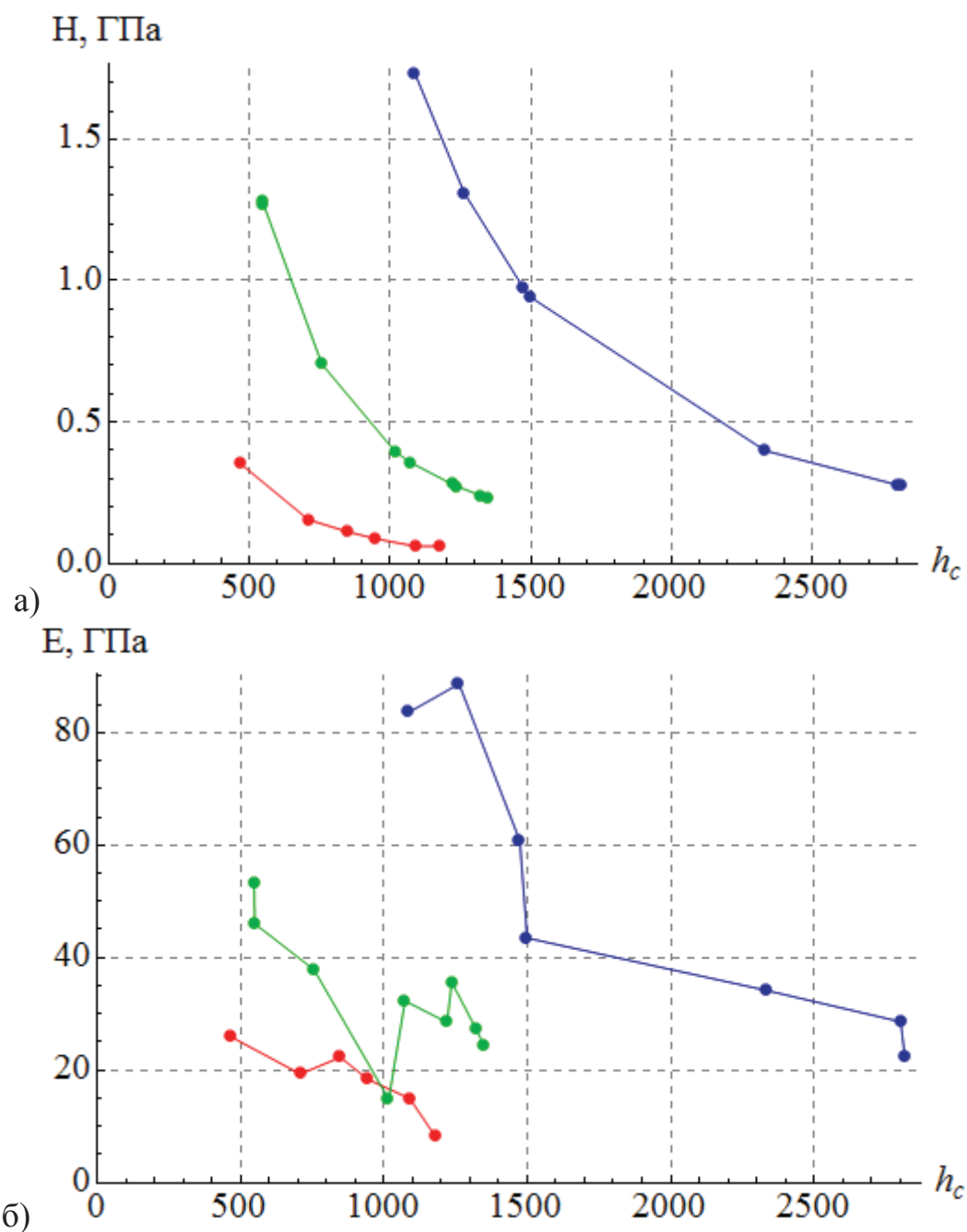


Рисунок 25 – Зависимость твердости (а) и модуля упругости (б) от контактной глубины индентирования для образца 3АШ-15

На рисунке 26 приведены данные о твердости плоского шероховатого ($R_a = 10$ мкм) образца стали (1СШ) в зависимости от контактной глубины внедрения индентора в поверхность.

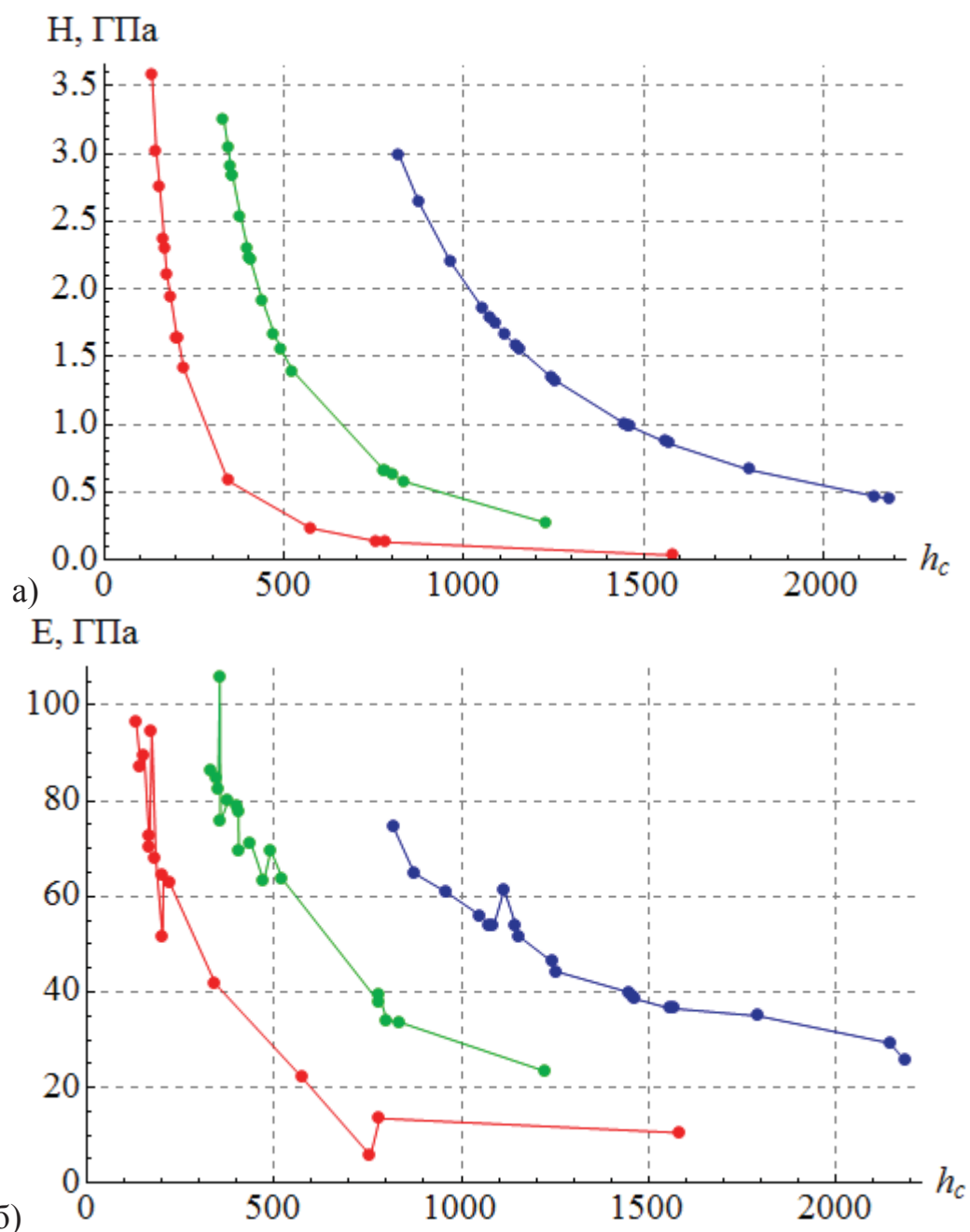


Рисунок 26 – Зависимость твердости и модуля упругости от контактной глубины индентирования для образца 1СШ

Для верификации данных о твердости тестовых модельных образцов было произведено измерение их прочностных характеристик традиционным методом микроиндентирования с использованием микротвердомера Shimadzu DUN-211S.

Размер держателя и сам индентор в используемом приборе имеют достаточно большие размеры и измерения даже внутри разрезных образцов

были неосуществимы (рисунок 27), поэтому все контрольные измерения проводились на плоских модельных образцах.



Рисунок 27 – Индентор микротвердомера в полуцилиндрической канавке на поверхности тестового модельного образца

Типичные фотографии оставленных пирамидкой Викерса отпечатков и измеренные значения твердости представлены на серии изображений приведенных ниже (рисунки 28 – 29).

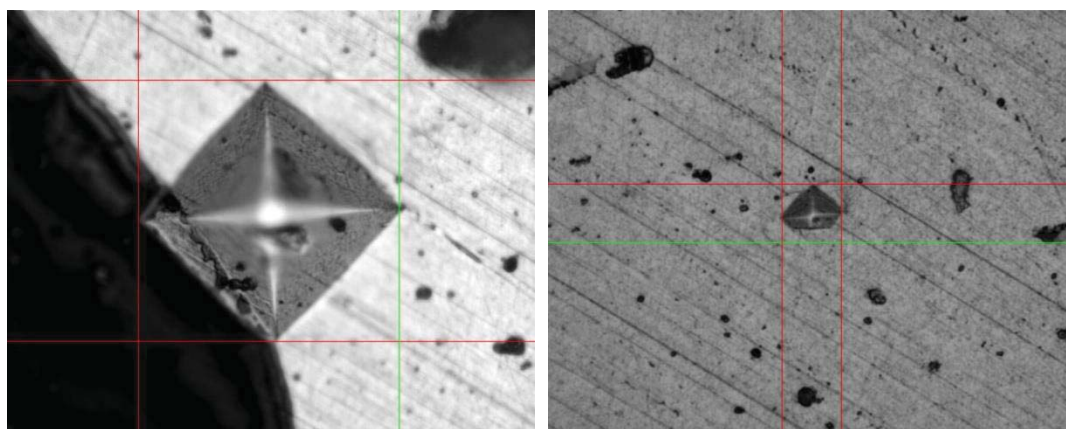


Рисунок 28 – Укол в гладкий алюминий с усилием 200 гр (2 Н) и 10 гр (0,1 Н), измеренная твердость составила 1.3 ГПа

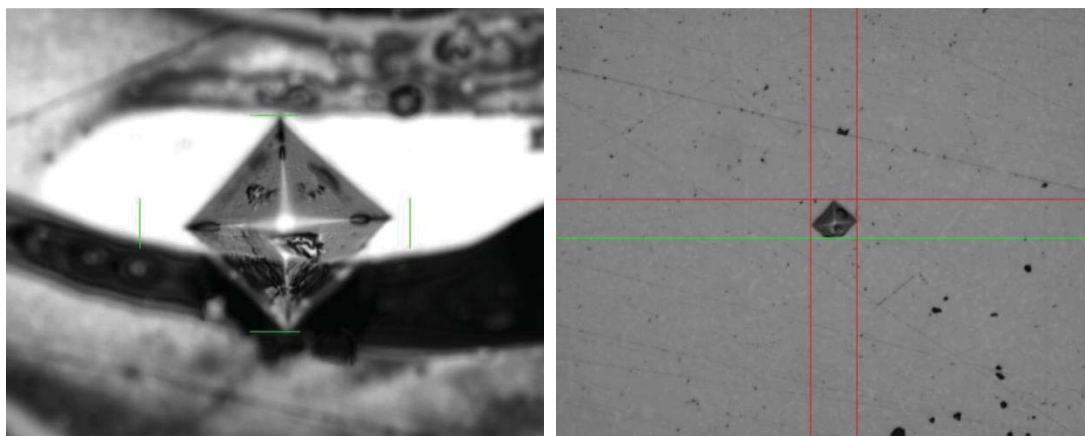


Рисунок 29 – Укол в гладкий образец стали с усилием 200 гр (2 Н) и 10 гр (0.1 Н), измеренная твердость составила 2.5 ГПа

Для уточнения формы отпечатка, получаемого в результате микроиндентирования гладкого стального образца индентором типа Виккерса, Соисполнителем было проведено сканирование с помощью Certus Standard. Изображение приведено на рисунке 30.

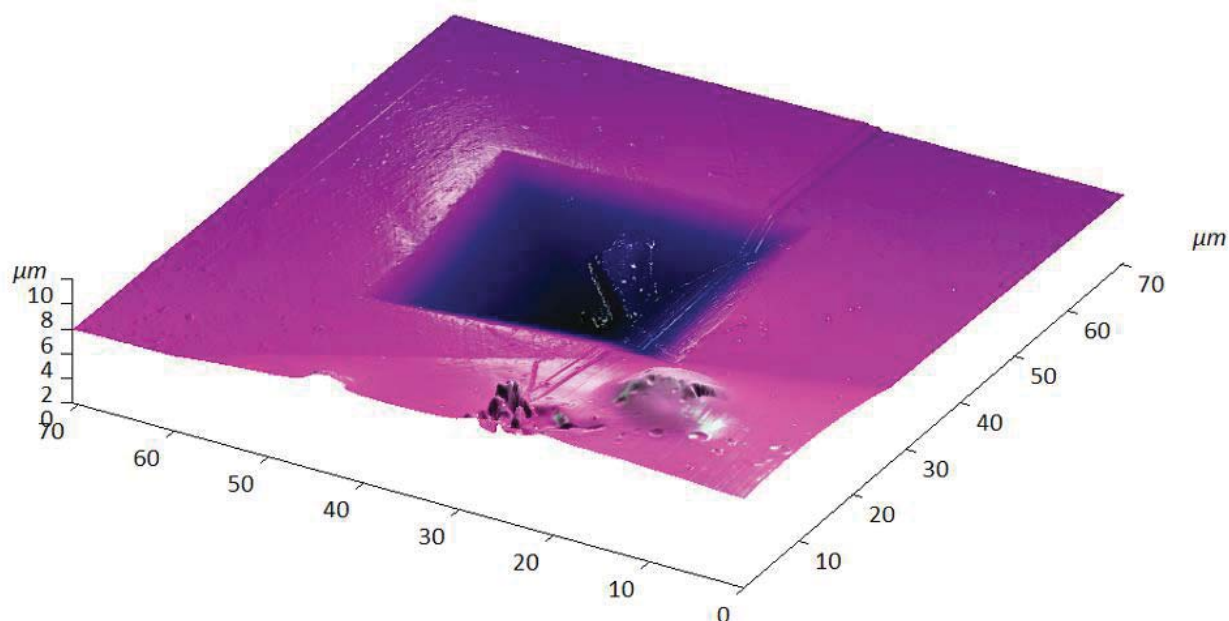


Рисунок 30 – Изображение отпечатка, полученного от вдавливания индентора Виккерса в гладкий образец стали

При работе с образцом, имеющим существенно больший уровень шероховатости, на микротвердомере пришлось увеличить нагрузку до 5 Н, поскольку при 0.1 Н отпечаток был практически неотличим от естественных неровностей, и наблюдался крайне большой разброс измеренных размеров отпечатка. Типичные изображения представлены на рисунке 31.

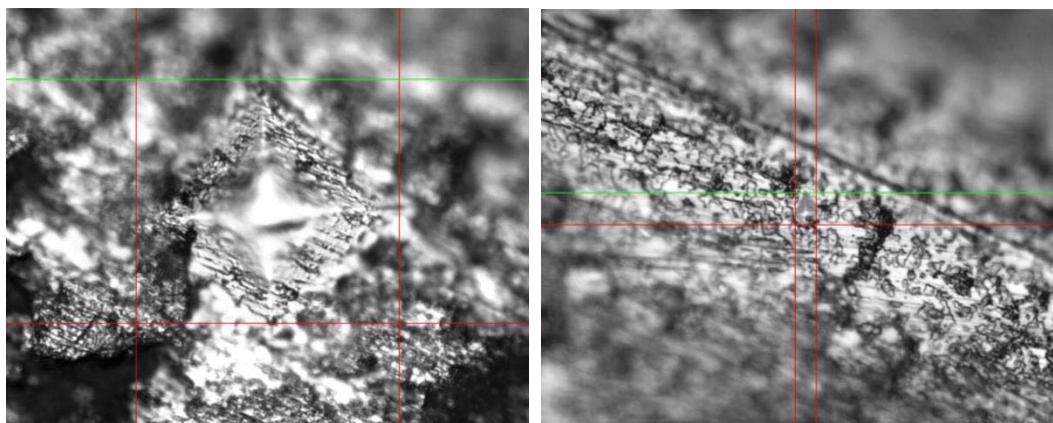


Рисунок 31 – Укол в шероховатый образец стали с усилием 200 гр (2 Н) и 10 гр (0.1 Н), измеренная твердость составила 3.5 ГПа

Таким образом, измерения с использованием микротвердомера подтвердили данные измеренные с использованием ЭОСНП и продемонстрировали существенное влияние шероховатости на результаты измерения микротвердости. Этот эффект имеет физическую природу и не может быть устранен чисто конструктивными методами, то есть использованием различных типов измерительных приборов. Более того, стандарт ГОСТ Р 8.748-2011, четко выделяет шероховатость как причину неопределенности зоны контакта и результата и выдвигает критерий необходимой глубины индентирования h при заданной шероховатости R_a для уменьшения неопределенности до 5%:

$$h \geq 20 R_a$$

при шероховатости $R_a = 10$ мкм необходимая глубина индентирования должна составлять 200 мкм, что в случае алюминия потребовало бы приложение усилия в 625 Н, а в случае стали – 2070 Н (см. Таблицу E1 ГОСТ Р 8.748-2011: даже для меньшей шероховатости $R_a=2.2$ необходимая нагрузка составляет 100 Н). Очевидно, что такие требования к нагрузке значительно превышают требования ТЗ (согласно ТЗ диапазон нагрузок, прикладываемых к индентору при измерении твердости и модуля упругости должен лежать в диапазоне 0,1 - 60 мН, с погрешностью $\pm 10\%$, но не менее 0,1 мН). Данное обстоятельство приводит к выводу о возможности

измерения твердости и модуля упругости согласно методу инструментального индентирования, но в пределах, описанных ГОСТ – только для достаточно гладких поверхностей. Для материалов алюминия и стали при максимальной нагрузке в 60 мН в соответствии с таблицей E1 ГОСТ Р 8.748-2011 допустимые значения R_a составляют менее 0.13 мкм для алюминия и менее 0.08 мкм для стали.

При этом разработанные модели обработки большого массива данных получаемых методом инструментального индентирования на шероховатых поверхностях и использование априорной информации, например, о модуле Юнга исследуемого материала позволяет существенно нивелировать влияние шероховатости на результаты измерения твердости.

Проведенное исследование показало, что, несмотря на характерный разброс данных о твердости и модуле Юнга, метод инструментального индентирования может быть применен в ходе технологического контроля изделий машиностроения даже в том случае, когда глубина индентирования существенно меньше величины шероховатости. Возможным способом борьбы с влиянием шероховатости может являться множественное индентирование поверхности с заданной силой и последующая обработка данных в соответствии с моделью влияния шероховатости. Укладывание данных по твердости и модулю Юнга на кривую вида $E=b/h$ позволяет получить наиболее вероятное значение твердости материала путем совместной обработки различных массивов данных по индентам с фиксированной нагрузкой. При этом наиболее рациональным является сочетание различных методик при проведении измерений твердости и модуля Юнга.

Для верификации данных о модуле Юнга можно использовать метод обработки зависимостей о сдвиге резонансной частоты, силе и амплитуды, разработанных в рамках выполнения данной ПНИ [1]. Для твердости можно рекомендовать сопоставление данных получаемых методом

инструментального индентирования с данными получаемыми трехпроходным методом царапания поверхности.

Важным инструментом, уменьшающим влияние шероховатости и позволяющим с более высокой точностью производить оценку твердости конструкционных и функциональных материалов, может стать метод, предложенный в разделе 1.2 данного отчета. Исследование его работоспособности и применимости к широкому кругу конструкционных материалов буде продолжено на следующем этапе работ по ПНИ. Использование априорной информации о модуле Юнга тестируемого материала при определении его твердости методом инструментального индентирования может оказаться ключевым моментом при разработке приборов для оперативного контроля твердости материалов в условиях промышленного производства.

Таким образом, представленные результаты подтверждают возможность измерения твердости и модуля упругости методом инструментального индентирования, однако в соответствии с ГОСТ подобные измерения возможны только на достаточно гладких поверхностях (при R_a менее 0.13 мкм для алюминия и R_a менее 0.08 мкм для стали).

1.1.4 Определение твердости образцов методом склерометрии

В ходе работ по проверке измерительных возможностей специализированного нанотвердомера профилометра было проведено измерение твердости тестовых образцов методом склерометрии. Согласно пункту 1.3 отчета за третий этап работ, выполняемых в рамках данного соглашения, для определения твердости методом склерометрии необходимо совершить три прохода индентором по поверхности: в рамках первого прохода снимается профиль поверхности, в рамках второго прохода наносится царапина с заданной нагрузкой, в рамках третьего прохода

измеряется остаточная глубина царапины. Твердость в данном случае вычисляется по формуле:

$$H = k * \frac{F}{h^2}, \quad (1)$$

где h - остаточная глубина царапины, F – приложенная нагрузка, k – коэффициент пропорциональности, который должен быть определен в процессе калибровки. Можно отметить, что для более корректного описания, учитывающего не идеальность кончика индентора, целесообразно использовать модифицированное соотношение (1), которое можно записать в виде:

$$H = \frac{F}{A_{scr}(h)}, \quad (2)$$

где $A_{scr}(h)$ – функция, имеющая размерность площади, которая также как и коэффициент k должна быть определена в процессе калибровки.

Необходимая калибровочная процедура была проведена на образце плавленого кварца. Для этого было нанесено и измерено 7 царапин с нагрузками от 1 до 80 мН на поверхность образца. Для сопоставления с представленным на третьем этапе теоретическим описанием ниже приведены профили, полученные до и после нанесения царапины с нагрузкой 80 мН. На рисунке 32 черной линией обозначен профиль исходной поверхности: он почти сливается с осью ОХ, так как поверхность была достаточно гладкая. Красной линией изображена профилограмма остаточного отпечатка, синей линией обозначена траектория движения иглы при царапании без учета податливости зонда, зеленой линией обозначена та же траектория, скорректированная с учетом вертикальной податливости зонда.

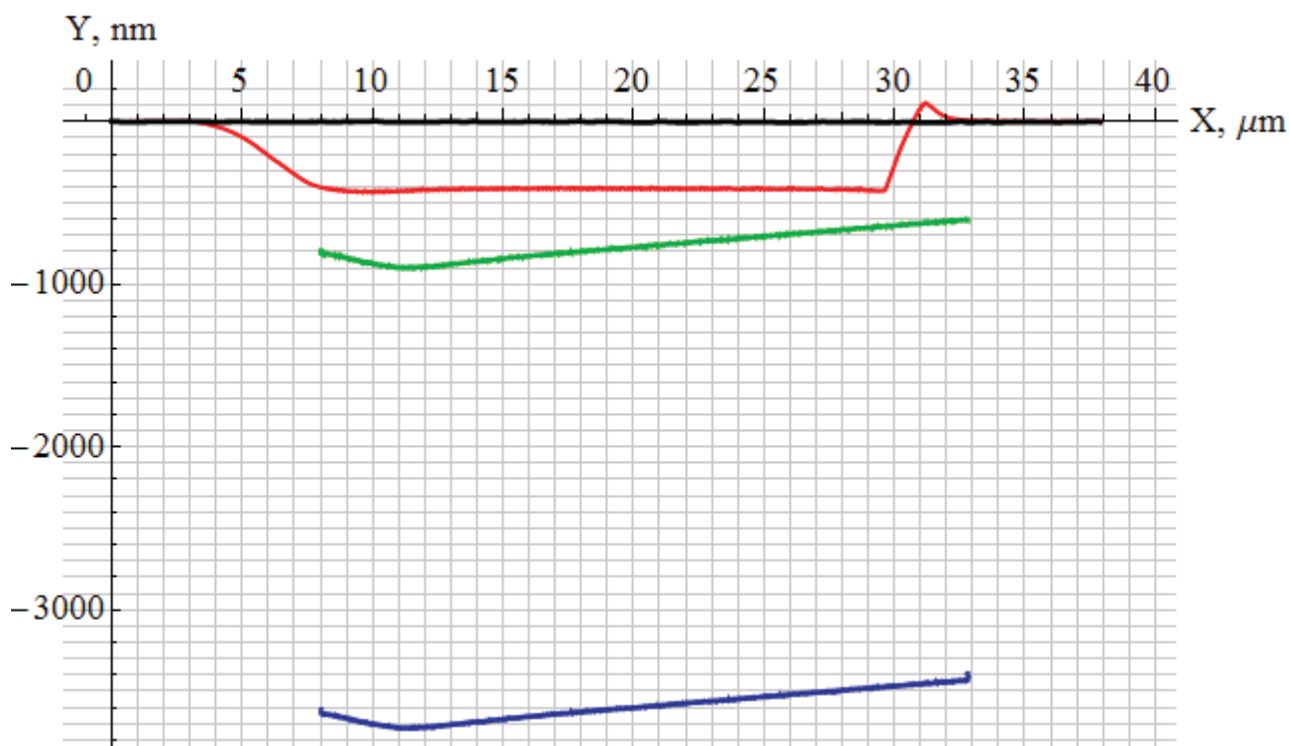


Рисунок 32 – Траектории движения конца иглы, полученные до нанесения царапины, во время нанесения царапины с учетом отгиба зонда и после нанесения царапины (черная, синяя, зеленая и красный линии соответственно)

Из представленных данных видно, что траектории движения иглы являются более длинными и смещенными по сравнению с длиной и положением остаточного отпечатка, причем отличие их длин (~ 3 мкм) имеет значение близкое к отличию глубин профилей, полученных без учета и с учетом вертикальной податливости зонда. Данные изменения остаточных профилей можно объяснить исходя из камертонной конструкции зонда: вертикальное отклонение приводит так же и к горизонтальному смещению (рисунок 33) и конечной величины горизонтальной податливости всей конструкции в целом. В данном случае ориентация пирамиды (индентора) была такой, что царапание происходило «гранью вперед», что в свою очередь могло усиливать эффект отгиба зонда и штока, удерживающего зондовый датчик, например за счет «нагребания» материала перед индентором и, следовательно, увеличения боковой силы.

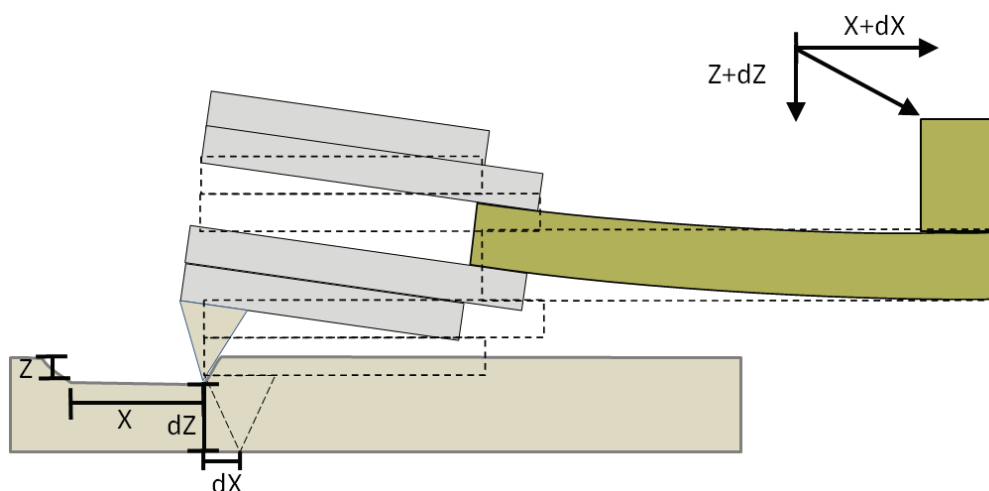


Рисунок 33 – Схематичное изображение отклонения зонда при царапании: при перемещении иглы вдоль осей OX и OZ на $X+dX$ и $Z+dZ$ игла перемещается только на расстояния X и Z из-за отгиба зонда. На рисунке предполагается, что поверхность не испытывает упругого восстановления

Так как траектории-профили, полученные в процессе движения, не используются при расчете твердости образца, в дальнейшем они не рассматриваются. Профили исходной поверхности, а также профили царапин с нагрузками 1 мН, 2 мН, 4 мН, 10 мН, 20 мН, 40 мН и 80 мН, полученные на тестовом образце плавленого кварца представлены на рисунке 34.

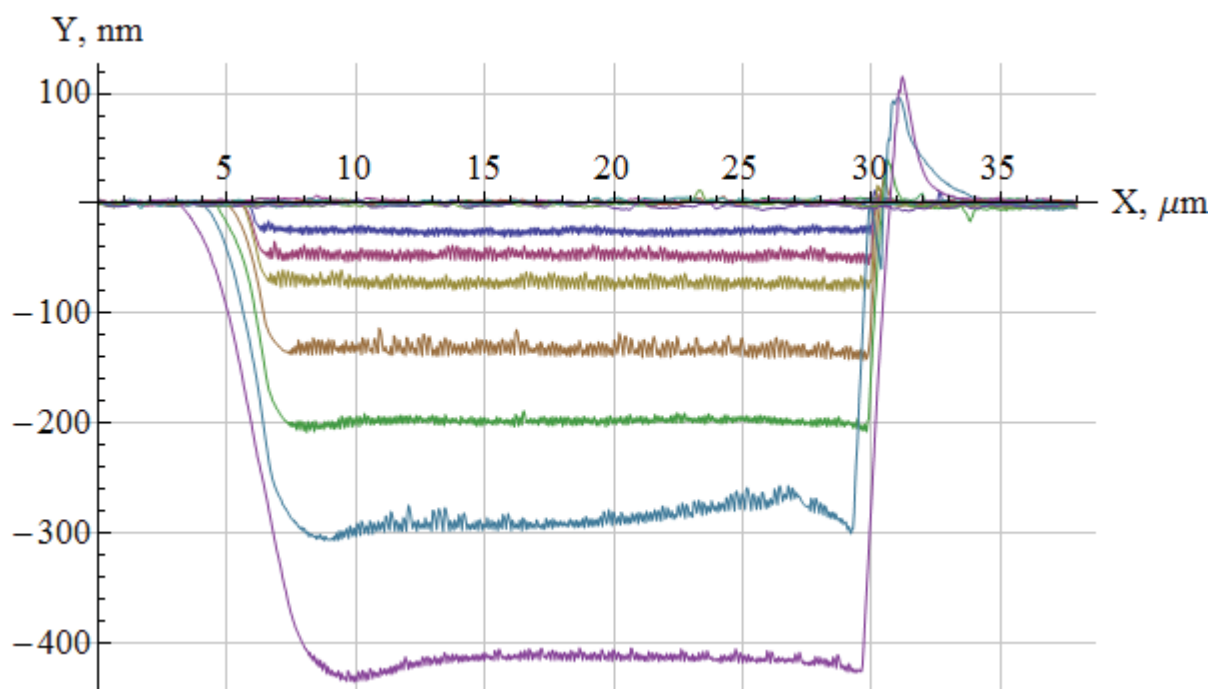


Рисунок 34 – Профили исходной поверхности, а также профили царапин с нагрузками 1 мН, 2 мН, 4 мН, 10 мН, 20 мН, 40 мН, 80 мН

Поскольку данный образец был достаточно гладким, профили исходной поверхности можно было не учитывать при обработке данных о глубине царапины. Соответственно глубина полученных царапин определялась просто как расстояние от профиля царапины до оси ОХ. Вычисление проводилось при $13\text{ мкм} < X < 23\text{ мкм}$, полученные значения усреднялись для каждого профиля. Зависимость приложенной силы, от полученных значений глубин представлена на рисунке 35 в виде круглых точек.

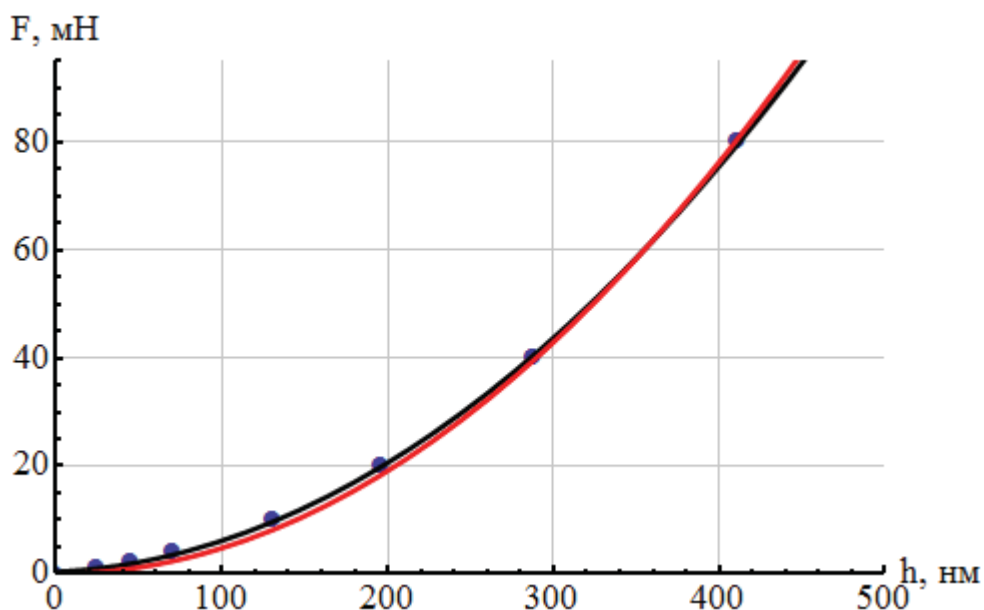


Рисунок 35 – Зависимость приложенной силы, от полученных значений глубин: круглые точки – вычисленные значения, черная линия – аппроксимация вида $F = 4.3 \cdot 10^{-4}h^2 + 1.4 \cdot 10^{-2}h + 0.38$, красная линия – аппроксимация вида $F = 4.8 \cdot 10^{-4}h^2$

Полученные данные были аппроксимированы кривыми с различным видом функциональной зависимости контактной площади от глубины.

Как видно из представленных данных, свойственная индентору Берковича в виде идеального конуса аппроксимация вида:

$$F = 4.8 \cdot 10^{-4}h^2 \quad (3)$$

описывает полученные данные хуже, чем модифицированная аппроксимация следующего вида, учитывающая наличие плоской площадки и сферического кончика у индентора:

$$F = 4.3 \cdot 10^{-4}h^2 + 1.4 \cdot 10^{-2}h + 0.38, \quad (4)$$

Поэтому в соответствии с общепринятым в методе инструментального индентирования подходом формула (2) является более точной и предпочтительной для практического применения, чем формула (1). Тем не менее, в программном обеспечении были созданы калибровки для обоих случаев.

Из формулы (3) следует, что используемый в формуле (1) калибровочный коэффициент равен:

$$k = \frac{9.3 \text{ ГПа}}{4.8 \cdot 10^{-4} \text{ мН/нм}^2} = 0.0195 \quad (5)$$

В свою очередь, из формулы (4) следует, что зависимость $A_{scr}(h)$, использованная в формуле (2) имеет вид:

$$A_{scr}(h) = 4.07 \cdot 10^{-14} + 1.52 \cdot 10^{-6} h + 46.71 h^2 \quad (6)$$

Зависимости (5) и (6), по сути, задают близкие по смыслу зависимости к функции формы площади, используемой при инструментальном индентировании. Их можно записать в виде: $A_1(h) = \frac{h^2}{k}$ и $A_{scr}(h)$. Представляется интересным сравнить данные функции с функцией формы индентора, полученной при калибровке на плавленом кварце $A_{ind}(h)$, а также с зависимостью, описывающей пирамиду Берковича: $A_B(h) = 24.5 h^2$; описанные зависимости приведены на рисунке 36.

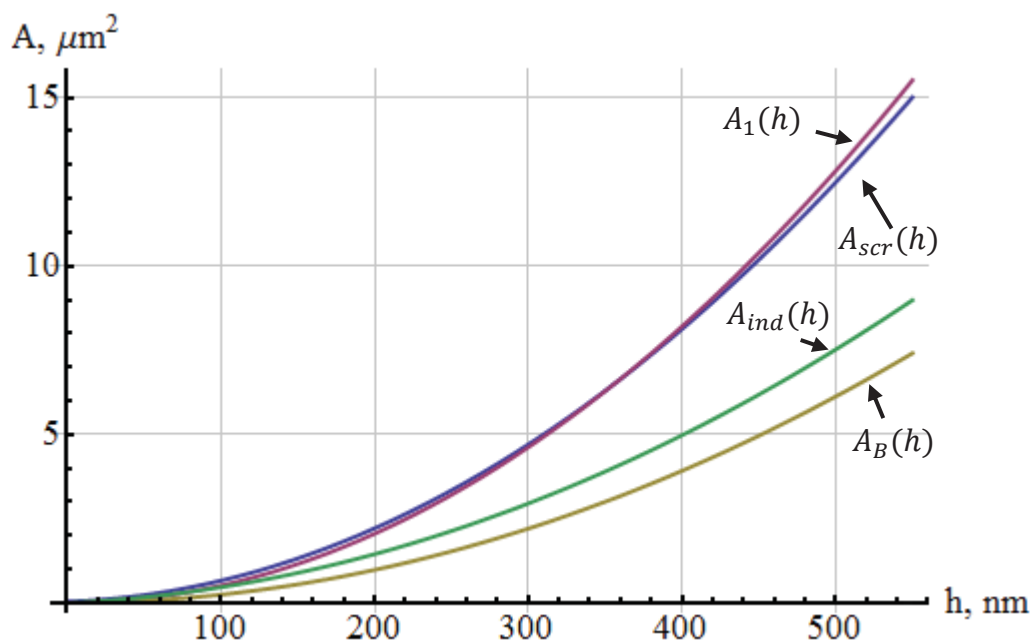


Рисунок 36 – Различные зависимости функции формы площади от глубины погружения индентора

Таким образом, функция формы площади, полученная методом склерометрии ~ в 1.6 раза превышает функцию форму площади, полученной методом инструментального индентирования (при заданной глубине). Это обстоятельство указывает на важность процедуры калибровки для всех используемых методов измерения твердости.

В ходе испытаний нанотвердомера профилометра были испытаны изготовленные в ходе выполнения третьего этапа работ образцы; пример профилей царапин, нанесенных на поверхность 2СГ-9 с нагрузками 1 мН, 2 мН, 4 мН, 10 мН, 20 мН, 40 мН, приведен на рисунке 37. По виду профиля царапины хорошо видно влияние возникающих при царапании навалов. Это выражается в увеличении глубины царапины на начальном участке движения. Поэтому на профиле нужно выделять область, где глубина стабилизируется, и характер разрушений поверхности при царапании приобретает постоянный характер.

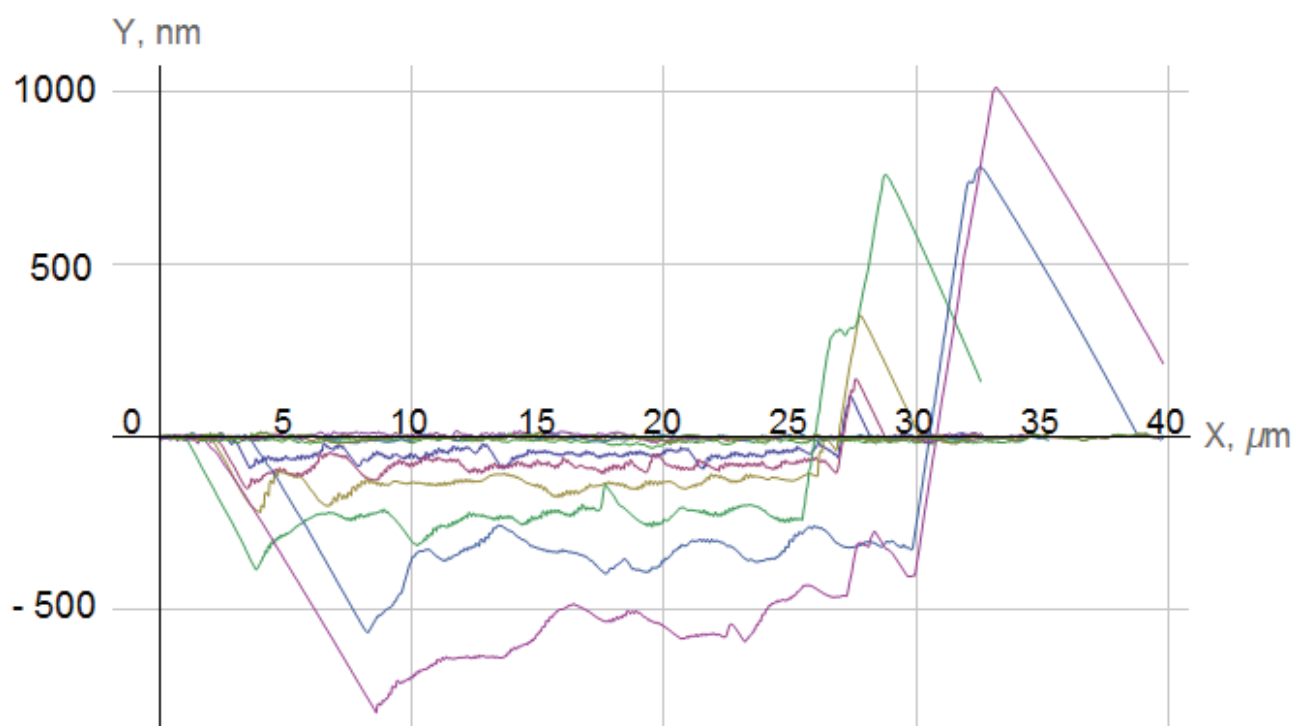


Рисунок 37 – Профили царапин, нанесенных на поверхность 2СГ-9

Для каждой из данных царапин была определена глубина как среднее расстояние от профиля, расположенного между координатами $X=12$ мкм и $X=25$ мкм. Исходя из полученных выше калибровок, с использованием соотношений (1) и (2) были вычислены значения твердости, которые приведены на рисунке 7. Для вычисления твердости с использованием соотношения (1) был использован калибровочный коэффициент k , выраженный формулой (5), а для вычислений по формуле (2) – функция формы (6). Результаты вычислений представлены на рисунке 38.

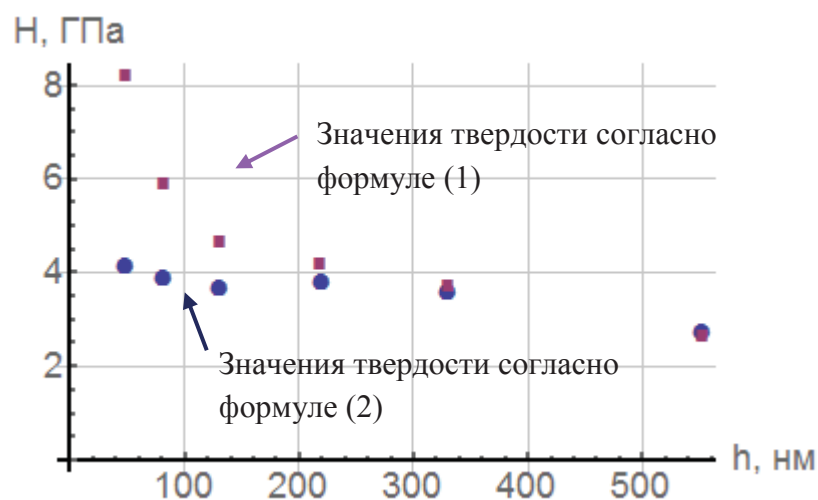


Рисунок 38 – Твердость образца 2СГ-9, определенная по глубине остаточного профиля царапины

Результаты аналогичного расчета с вычислением глубины, как разница между исходным профилем поверхности и профилем, полученным после нанесения царапины, представлены на рисунке 39.

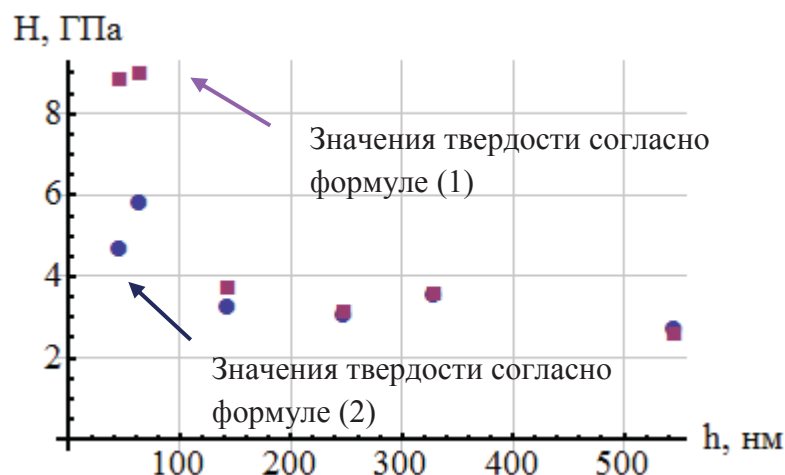


Рисунок 39 – Твердость образца 2СГ-9, определенная по разнице глубин исходного и остаточного профиля

Как видно из представленных на рисунках 38 и 39 данных, определение твердости по разнице глубин увеличивает разброс данных в области малых значений h . Такая особенность может быть обусловлена влиянием различного рода шумов и наличием таких артефактов как недорегулирование при измерении топографии образца, а также различным наклоном обрабатываемых профилей, что в свою очередь вызвано особенностями обработки поверхности образцов. При больших усилиях прижима и глубинах индентирования различия между двумя аппроксимациями нивелируются, и итоговые значения твердостей совпадают.

На поверхность дополнительного образца СГ-доп. была нанесена серия царапин с нагрузками 1 мН, 2 мН, 4 мН, 10 мН, 20 мН, 40 мН, профили полученных царапин приведены на рисунке 40. Представлены профили остаточных царапин, а также исходные профили поверхности.

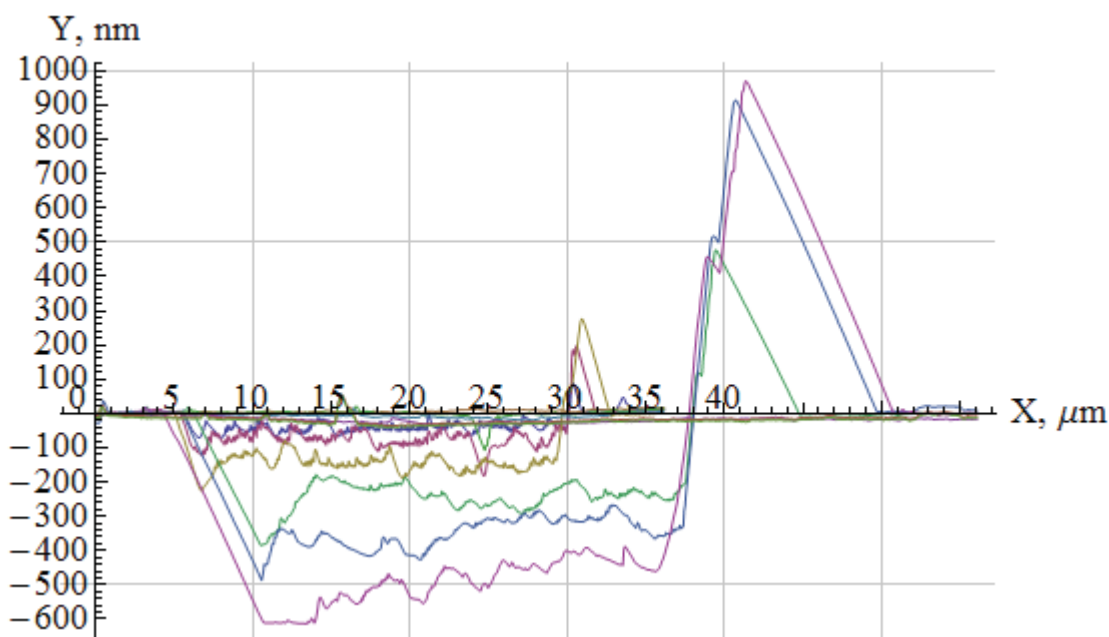


Рисунок 40 – Профили царапин, нанесенных на образец СГ-доп.

Также как и для образца 2СГ-9 для каждой из полученных на образце СГ-доп. царапин была определена глубина как среднее расстояние от профиля, расположенного между координатами $X=12$ мкм и $X=25$ мкм. Исходя из полученных выше калибровок, с использованием соотношений (1) и (2) были получены значения твердости, которые приведены на рисунке 41. Для вычисления твердости с использованием соотношения (1) был использован калибровочный коэффициент k , выраженный формулой (5), а для вычислений по формуле (2) – функция формы (6). Расчет твердости, определенной по разнице глубин исходного и остаточного профиля, представлен на рисунке 42.

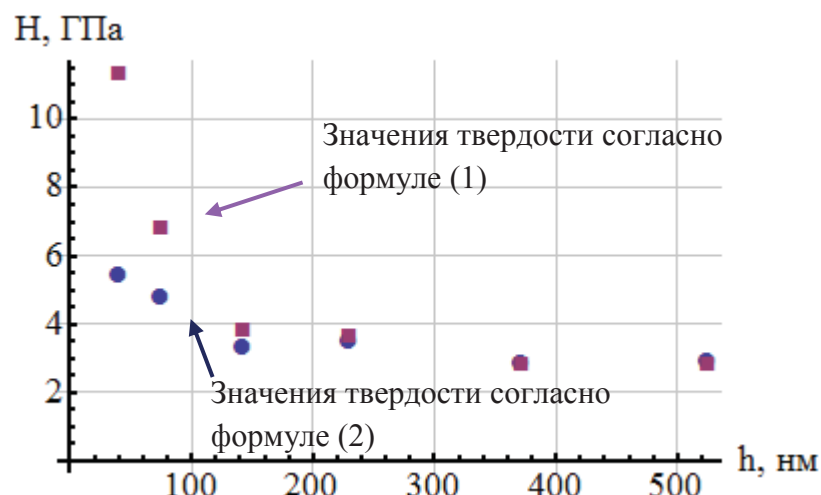


Рисунок 41 – Твердость образца СГ-доп., определенная по глубине остаточного профиля

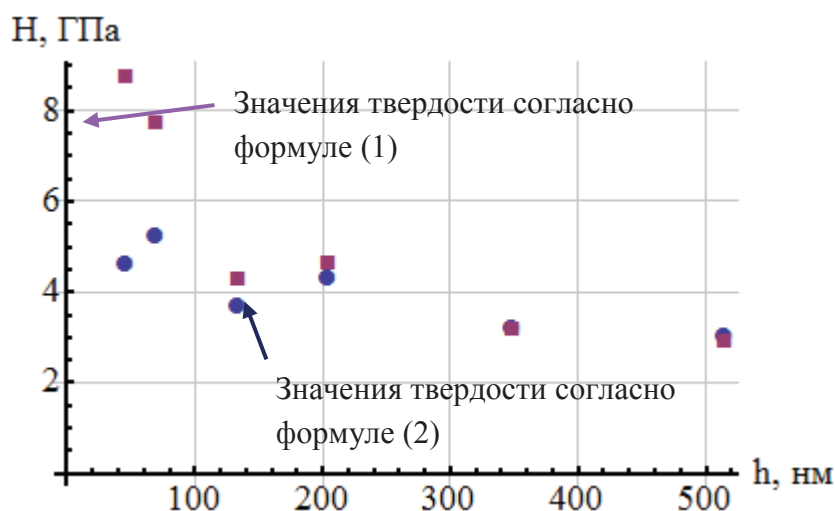


Рисунок 42 – Твердость образца СГ-доп., определенная по разнице глубин исходного и остаточного профиля после царапания

Сравнение результатов вычисления твердости, представленных на рисунках 41 и 42, указывают на незначительность влияния исходного профиля поверхности при работе с образцами, уровень шероховатости которых R_a меньше 10 нм. При этом использование более точной аппроксимации функции площади индентора, учитывающей отличие его формы от идеально пирамидальной, при работе с минимальными нагрузками и глубинами индентирования целесообразно приводить для получения адекватных значений измеренной твердости при малых глубинах царапания.

Аналогичная серия измерений была проведена для образцов алюминия. В качестве примера на рисунках 43, 44, 45 представлены результаты, полученные на образце 2АГ-9. Анализ данных подтверждает правильность предложенного подхода и необходимость калибровки функции площади индентора.

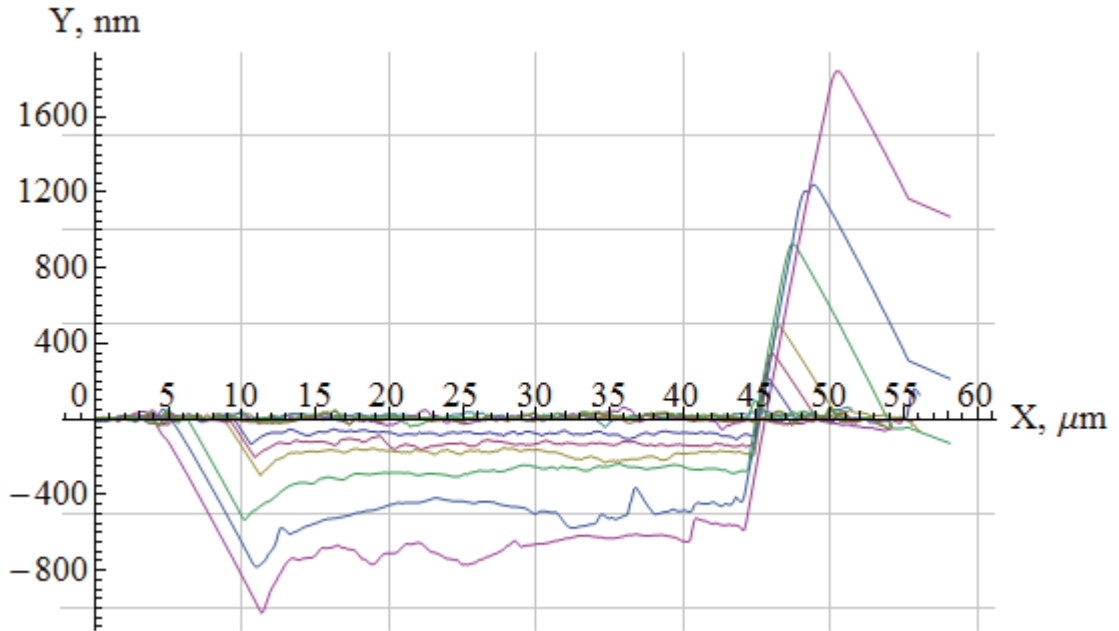


Рисунок 43 – Профили царапин, нанесенных на образец 2АГ-9

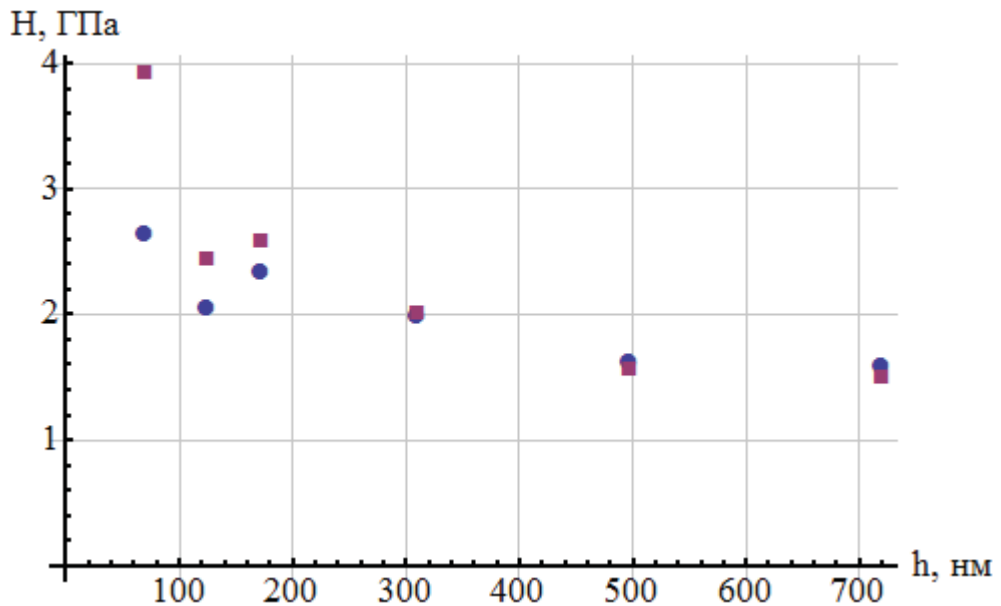


Рисунок 44 – Твердость образца 2АГ-9, определенная по глубине остаточного профиля царапины

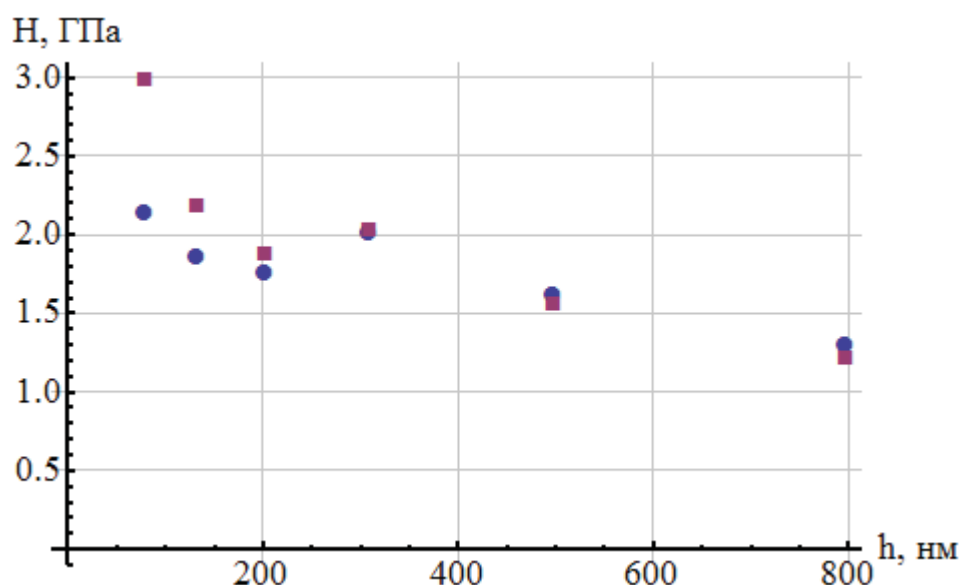


Рисунок 45 – Твердость образца 2АГ-9, определенная по разнице глубин исходного профиля поверхности и остаточного профиля царапины

Предлагаемая трехпроходная методика измерения твердости наиболее перспективна при работе с образцами уровень шероховатости, которых сопоставим с глубинами царапания или даже превосходит глубину погружения острия зонда в исследуемую поверхность. В этом случае становится возможным контроль механических свойств тонких функциональных покрытий на рабочих поверхностях изделий машиностроения и действительно неразрушающий контроль свойств поверхности.

Примеры такого рода измерений тестового образца из алюминия представлены на рисунках 46 – 49. Из снятых профилей хорошо видно, что мелкая царапина хорошо идентифицируется при грубой шероховатости и повторяет форму исходной поверхности при глубинах царапания, сопоставимых с высотой характерных неровностей поверхности.

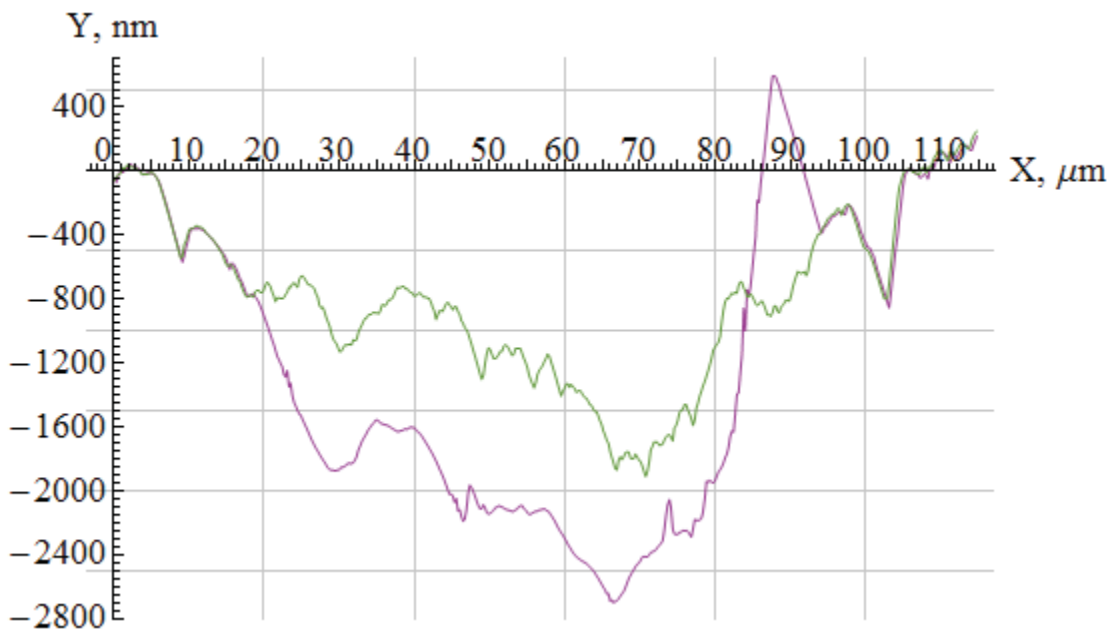


Рисунок 46 – Профиль исходной поверхности и профиль остаточной царапины, нанесенной при нагрузке 50 мН на поверхность ЗАШ-15

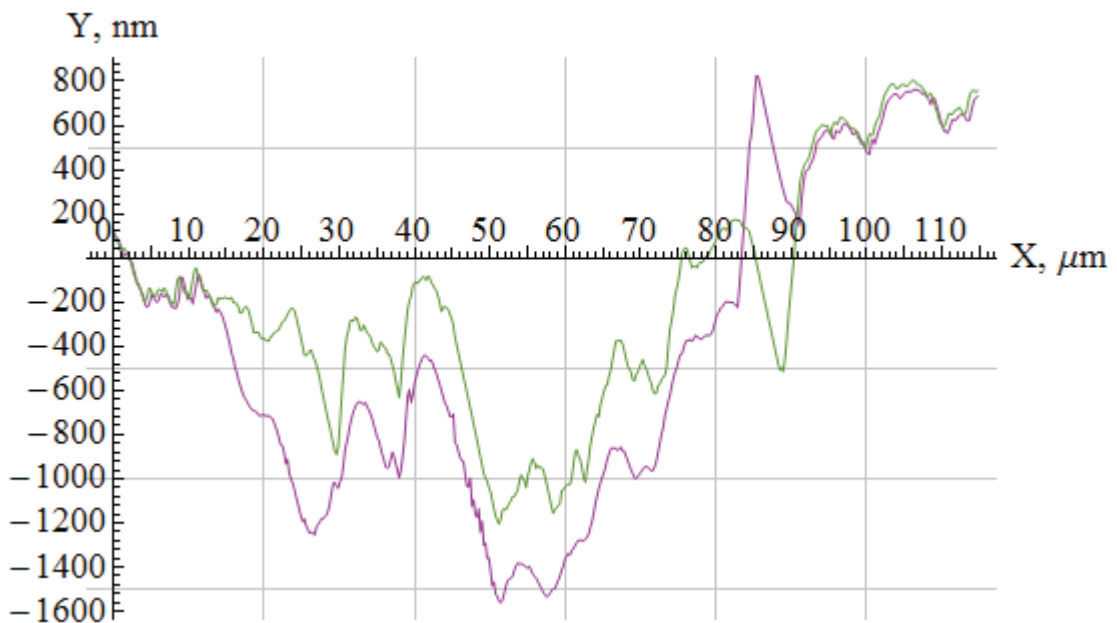


Рисунок 47 – Профиль исходной поверхности и профиль остаточной царапины, нанесенной при нагрузке 10 мН на поверхность ЗАШ-15

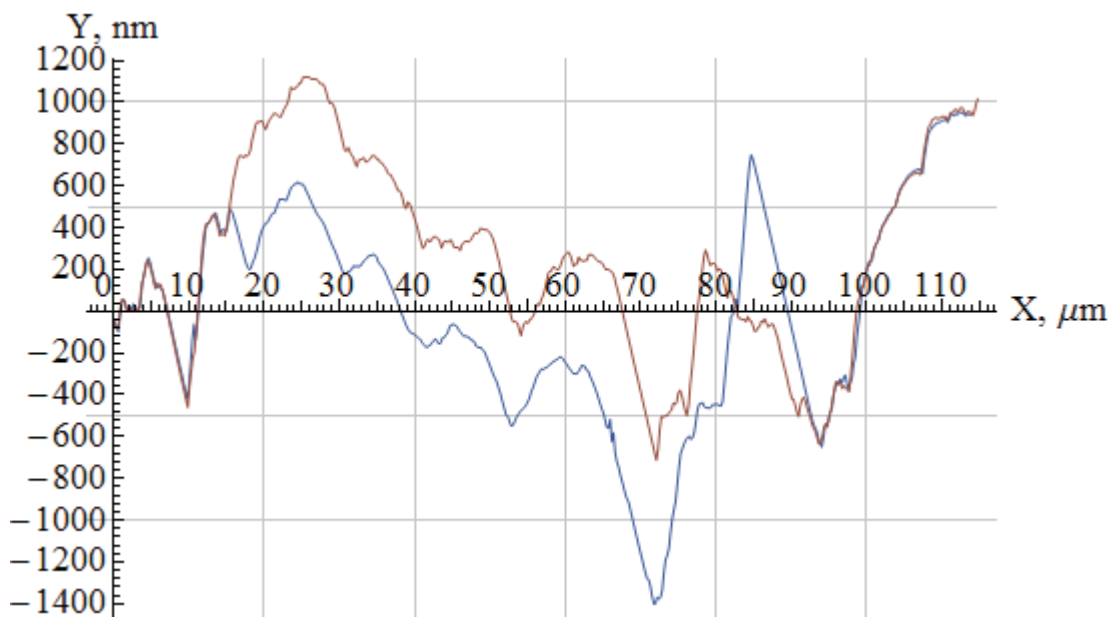


Рисунок 48 – Профиль исходной поверхности и профиль остаточной царапины, нанесенной при нагрузке 20 мН на поверхность 3АШ-15

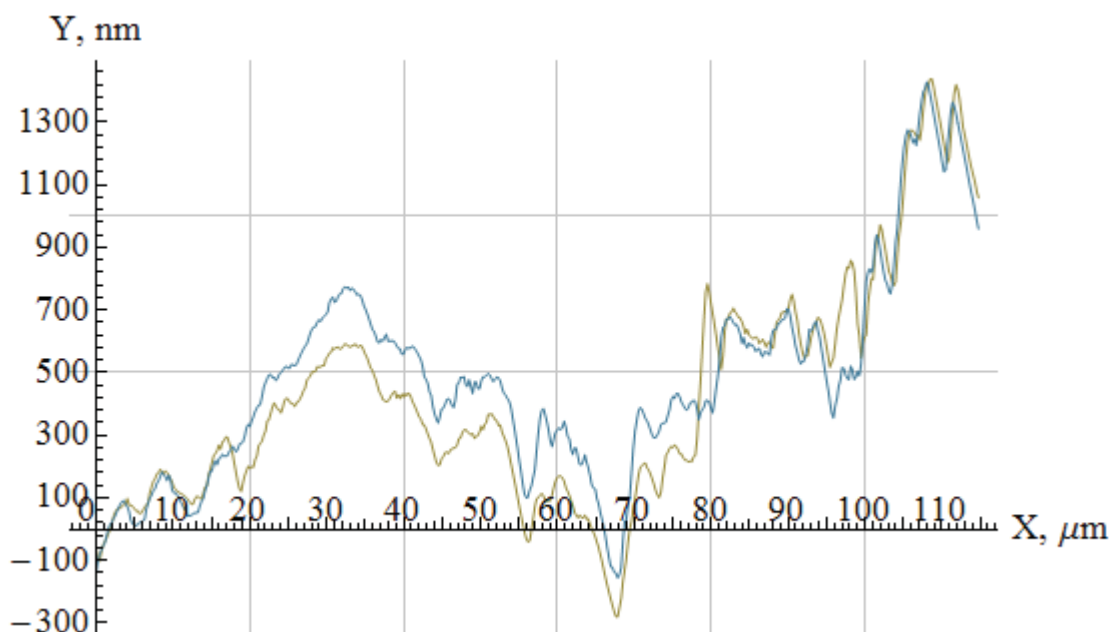


Рисунок 49 – Профиль исходной поверхности и профиль остаточной царапины, нанесенной при нагрузке 4 мН на поверхность 3АШ-15

Обработка данных с целью определения твердости шероховатого образца, исходя из разницы глубин исходного профиля поверхности и остаточного профиля царапины, привела к получению результата хорошо согласующегося с данными полученными на гладком образце, рисунок 50.

Как и прежде обработка ведется по двум видам аппроксимации функции площади формы индентора.

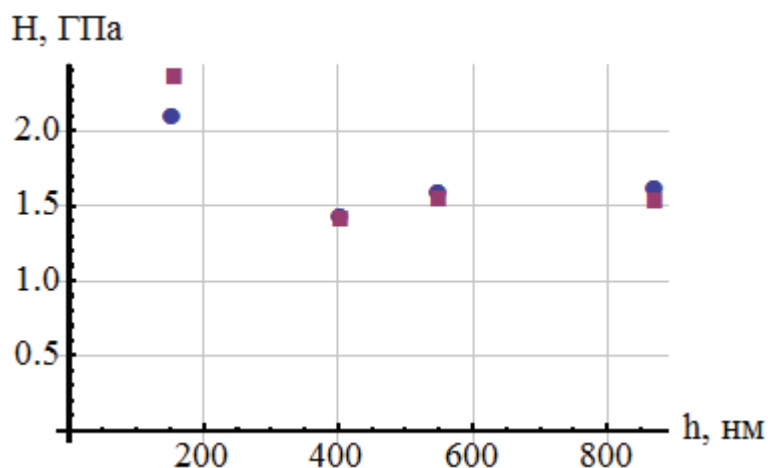


Рисунок 50 – Расчетные значения твердости, полученные в результате измерения поверхности 3АШ-15

Примеры такого рода измерений тестового образца из стали представлены на рисунках 51 – 55. Из снятых профилей хорошо видно, что мелкая царапина хорошо идентифицируется при грубой шероховатости и повторяет форму исходной поверхности при глубинах царапания сопоставимых с высотой характерных неровностей поверхности.

Однако, как и следовало ожидать в случае, когда глубина погружения и характерная высота шероховатости близки друг к другу, для получения более точных данных о твердости необходима статистическая обработка полученных данных и достаточно большой объем независимых измерений. Это позволяет уменьшить влияние шероховатости на точность измерения твердости исследуемого образца.

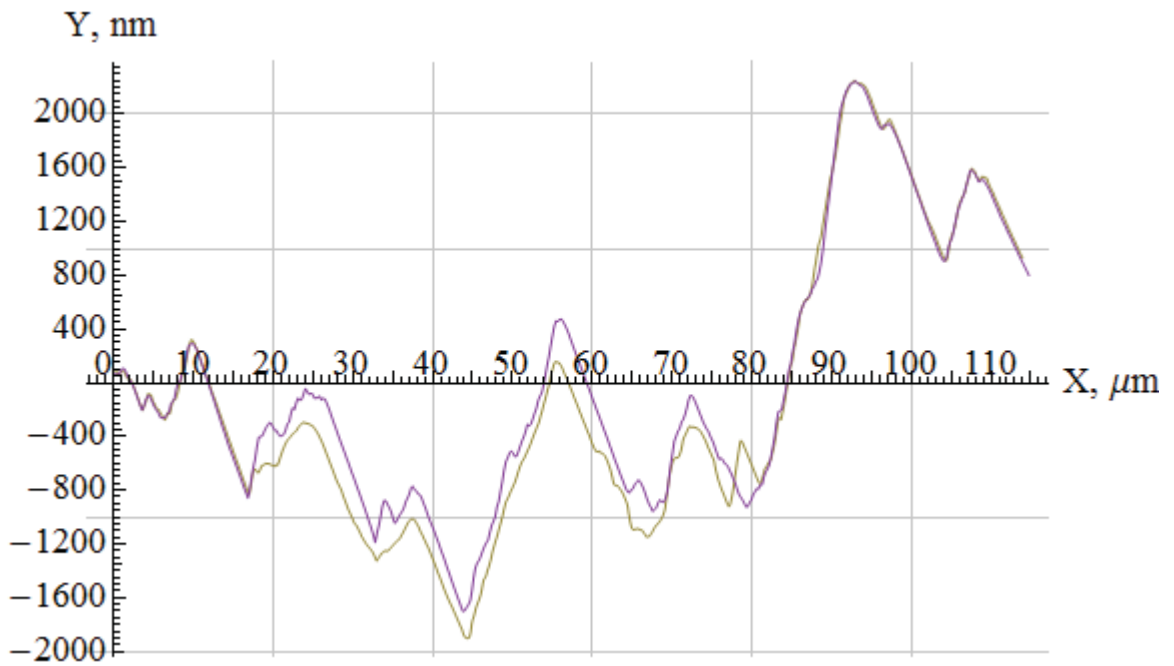


Рисунок 51 – Профиль исходной поверхности и профиль остаточной царапины, нанесенной при нагрузке 4 мН на поверхность 4СШ-9

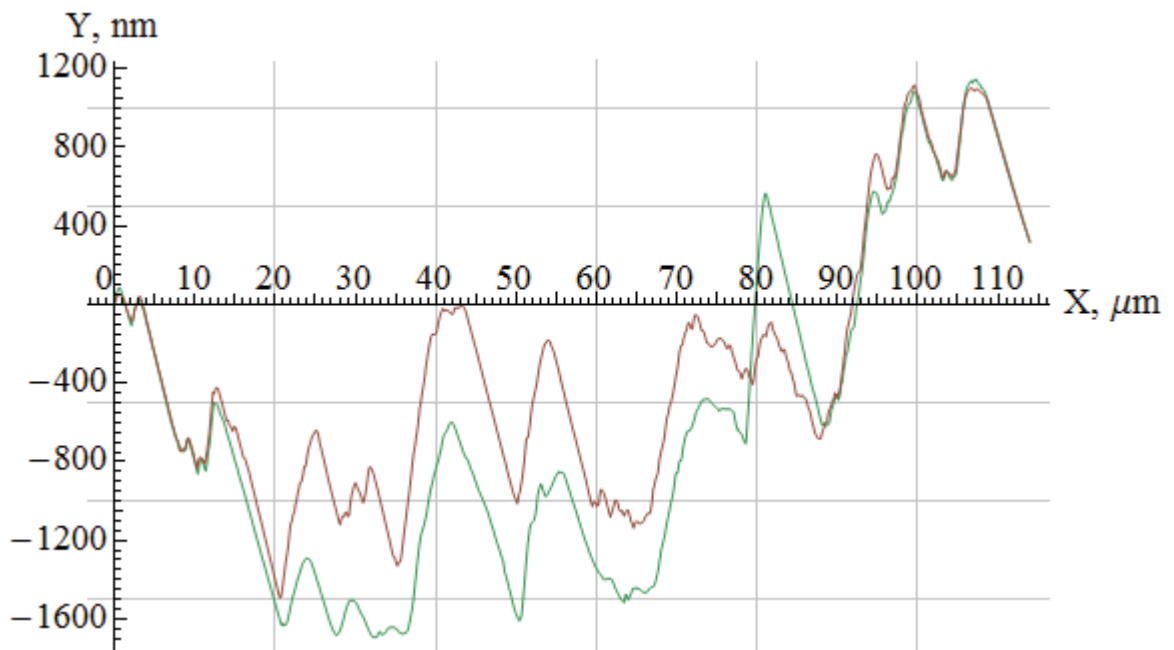


Рисунок 52 – Профиль исходной поверхности и профиль остаточной царапины, нанесенной при нагрузке 10 мН на поверхность 4СШ-9

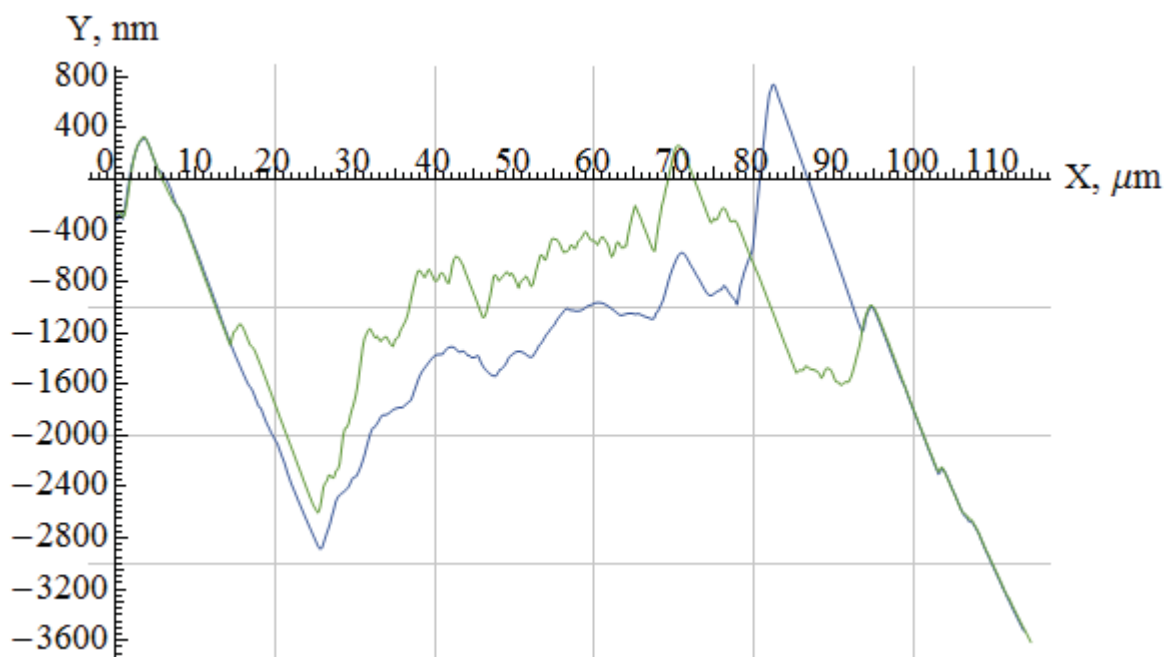


Рисунок 53 – Профиль исходной поверхности и профиль остаточной царапины, нанесенной при нагрузке 20 мН на поверхность 4СШ-9

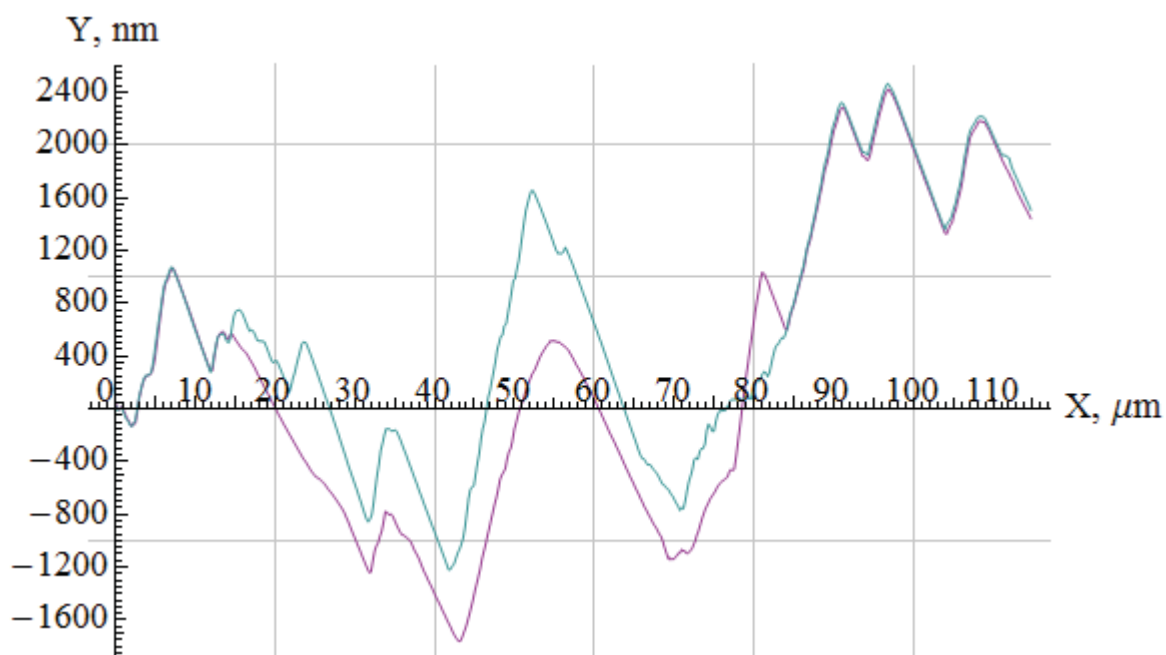


Рисунок 54 – Профиль исходной поверхности и профиль остаточной царапины, нанесенной при нагрузке 25 мН на поверхность 4СШ-9

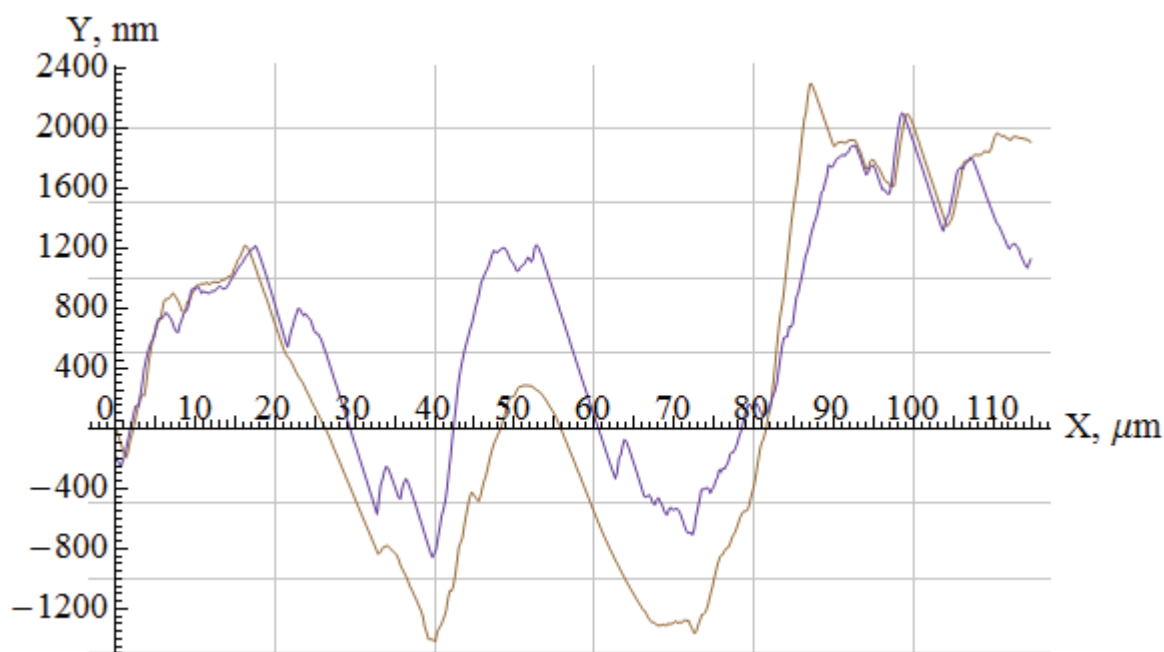


Рисунок 55 – Профиль исходной поверхности и профиль остаточной царапины, нанесенной при нагрузке 50 мН на поверхность 4СШ-9

Обработка данных с целью определения твердости шероховатого образца, исходя из разницы глубин исходного профиля поверхности и остаточного профиля царапины, привела к получению результата хорошо согласующегося с данными полученными на гладком образце, рисунок 56. Как и прежде обработка ведётся по двум видам аппроксимации функции площади формы индентора.

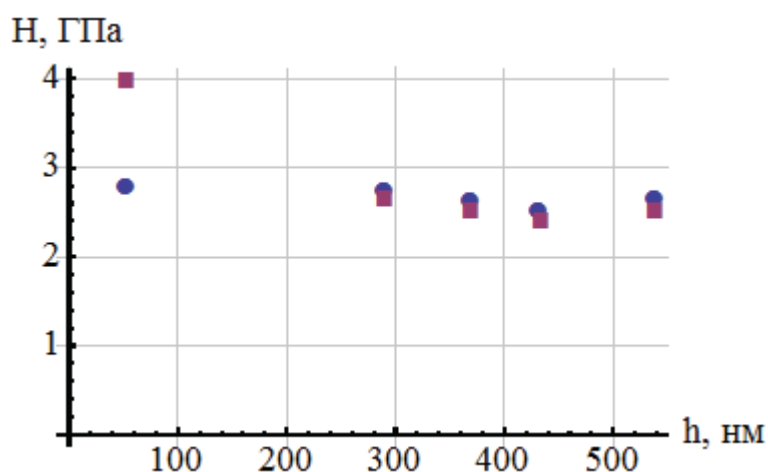


Рисунок 56 – Расчетные значения твердости, полученные в результате измерения поверхности 4СШ-9

Таким образом, проведенные исследования подтвердили работоспособность метода склерометрии при исследовании твердости различных материалов с использованием специализированного нанотвердомера-профилометра. Данную методику, предложенную и опробованную в ходе выполнения данной ПНИ, следует считать перспективной и можно рекомендовать в качестве метода измерения твердости внутри глубоких отверстий и скрытых полостей. Трехпроходный метод измерения твердости материалов продемонстрировал хорошую воспроизводимость результатов и соответствие получаемых данных о твердости величинам твердости определенным другими методами, в том числе методом инструментального индентирования. Отличительной особенностью данного метода является его работоспособность на поверхностях с высоким уровнем шероховатости. При этом завышение данных о твердости при малых силах прижима и малой глубине царапины могут быть объяснены применением упрощенного метода определения средней глубины царапин. На данный момент средняя глубина определяется простым осреднением разницы между профилем снятым до царапания и профилем снятым после царапания. При этом в соответствии с моделью измеряемое значение твердости обратно пропорционально квадрату глубины царапины. Естественно, что квадрат среднего значения любой величины меньше среднеквадратического значения той же величины. И это может

приводить к завышению измеренного значения твердости при глубинах, соизмеримых с уровнем шума прибора.

Дополнительной особенностью метода склерометрии является возможность проведения измерений имитирующих процесс реального истирания рабочих поверхностей машиностроительных изделий. Речь идет о многократном царапании, то есть истирании поверхности и возможности использования инденторов из материалов, отличных от алмаза и более близких по физическим свойствам к реальным фрикционным парам.

1.1.5 Измерения приведенной твердости методом кривых подвода

Измерительные возможности экспериментального образца специализированного нанотвердомера профилометра позволяют осуществлять измерение механических свойств различных материалов методом кривых подвода. Фиксируя сдвиг резонансной частоты камертонного датчика и силу прижима индентора к поверхности можно осуществить измерение отношения твердости к квадрату модуля упругости. Подробное описание данного метода, его теоретическое и экспериментальное обоснование были даны в рамках третьего этапа работ по соглашению о предоставлении субсидии и представлены в отчете за третий этап ПНИ. В соответствии с разделом 1.2 отчета отношения твердости к квадрату модуля упругости вычисляется согласно уравнению:

$$\frac{H}{E^2} = \frac{F}{\pi} \left(\frac{1}{k_0} \frac{f_0}{\Delta f} \right)^2 \quad (7)$$

Для выполнения такого рода измерения необходимо определить такую физическую характеристику зонда, как коэффициент f_0/k_0 . С практической точки зрения более целесообразным является определение технического коэффициента $K_{\text{calibr}} = \frac{1}{\pi} \left(\frac{f_0}{k_0} \right)^2$, тогда соотношение (7) приобретает вид:

$$\frac{H}{E^2} = K_{calibr} \frac{F}{\Delta f^2} \quad (8)$$

Для определения данного калибровочного коэффициента был использован плавный кварц. Совокупность измеренных зависимостей сдвига резонансной частоты Δf , а также приложенной силы F от углубления в образец представлены на рисунках 1а и 1б. Параметры плавленого кварца составляют: $H = 9.3$ ГПа, $E = 70.5$ ГПа (модуль упругости E вычислен в соответствии с равенством $\frac{1}{E} = \frac{1-v_{ind}^2}{E_{ind}} + \frac{1-v_s^2}{E_s}$, где v_{ind} и v_s – коэффициенты Пуассона индентора и образца, E_{ind} и E_s – модули Юнга индентора и образца). На основе данных параметров, а также представленных на рисунке 57 зависимостей $\Delta f(h)$ и $F(h)$ с использованием формулы (8) была получена серия зависимостей калибровочного коэффициента K_{calibr} от глубины h . Данные зависимости представлены на рисунке 58.

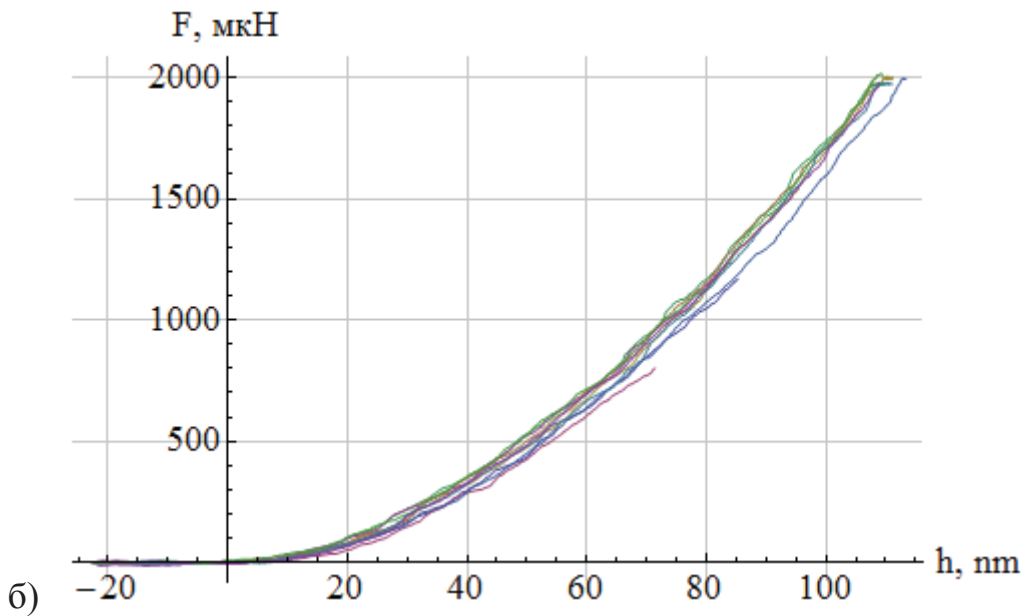
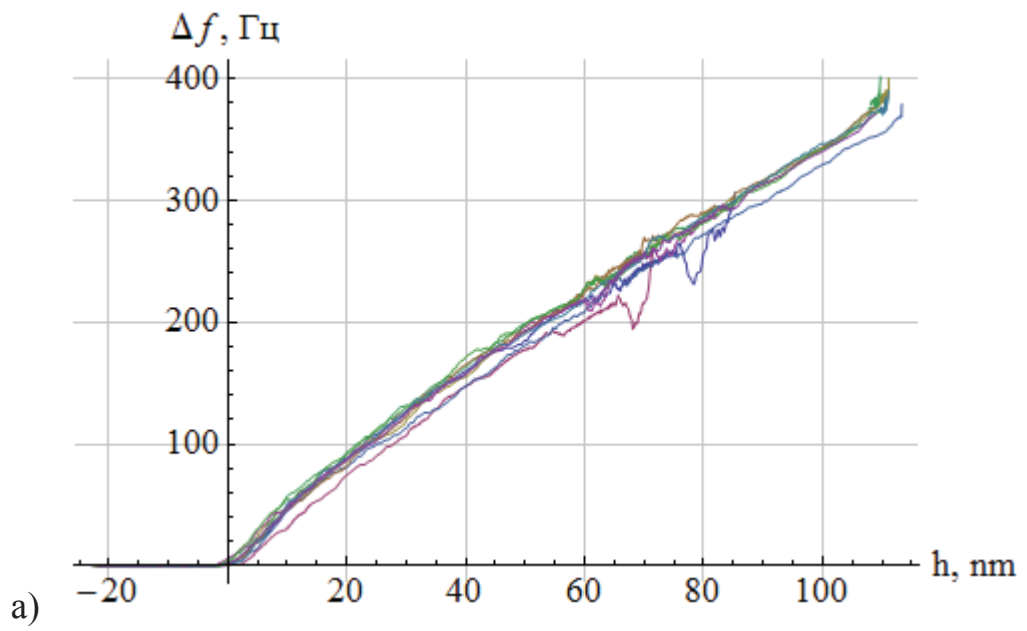


Рисунок 57 – Зависимости сдвига резонансной частоты Δf (а), и приложенной силы F (б) от углубления h в плавленный кварц

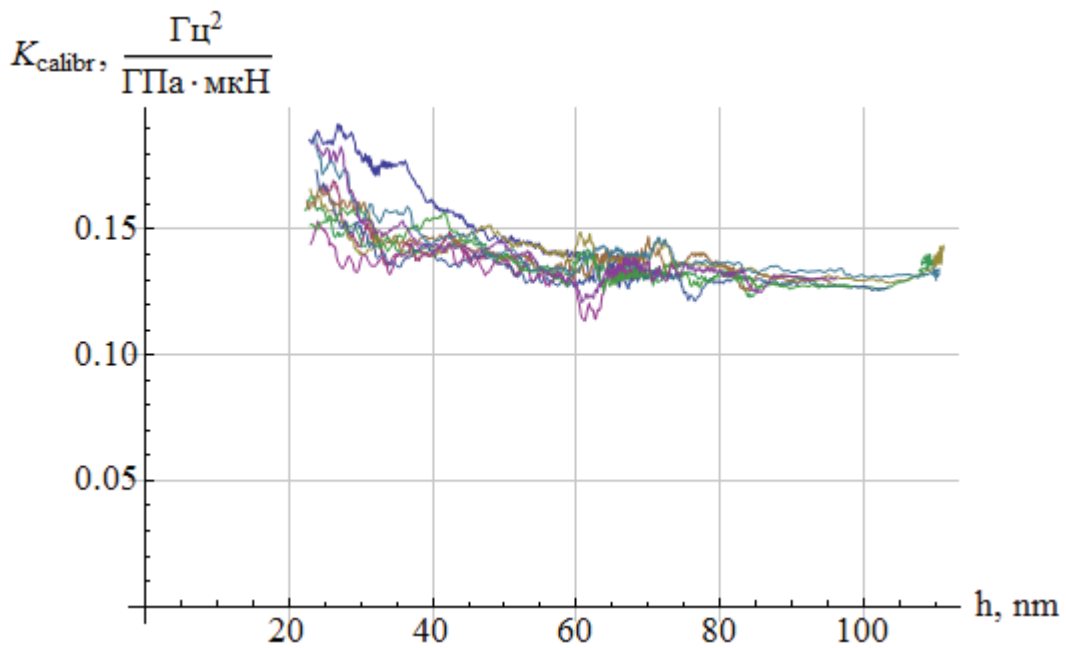


Рисунок 58 – Зависимость калибровочного коэффициента K_{calibr} от глубины h , полученная на образце плавленого кварца

Значение данного коэффициента, полученное в процессе усреднения всех представленных на рисунке 2 значений, составило $K_{calibr} = 0.140 \frac{\text{Гц}^2}{\text{ГПа} \cdot \text{мкН}}$. Стандартное отклонение составляет $0.01 \frac{\text{Гц}^2}{\text{ГПа} \cdot \text{мкН}}$.

На основе данного коэффициента для описанных ранее в разделе 1.1.1 образцов были получены отношения H/E^2 . Пример необходимых для данных расчетов кривых зависимостей $\Delta f(h)$ и $F(h)$, полученные на образце 2СГ-15 представлены на рисунках 59а и 59б.

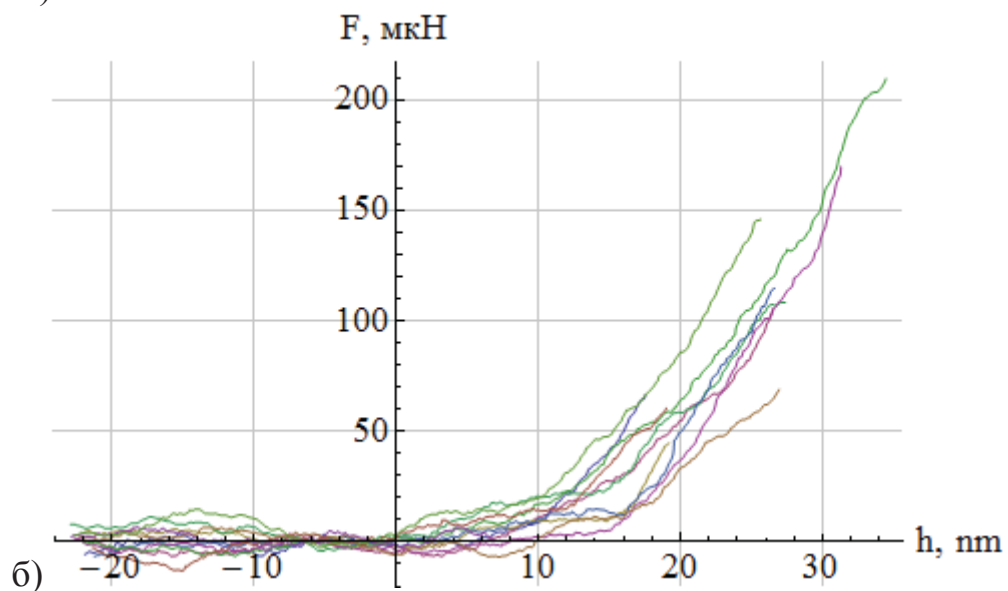
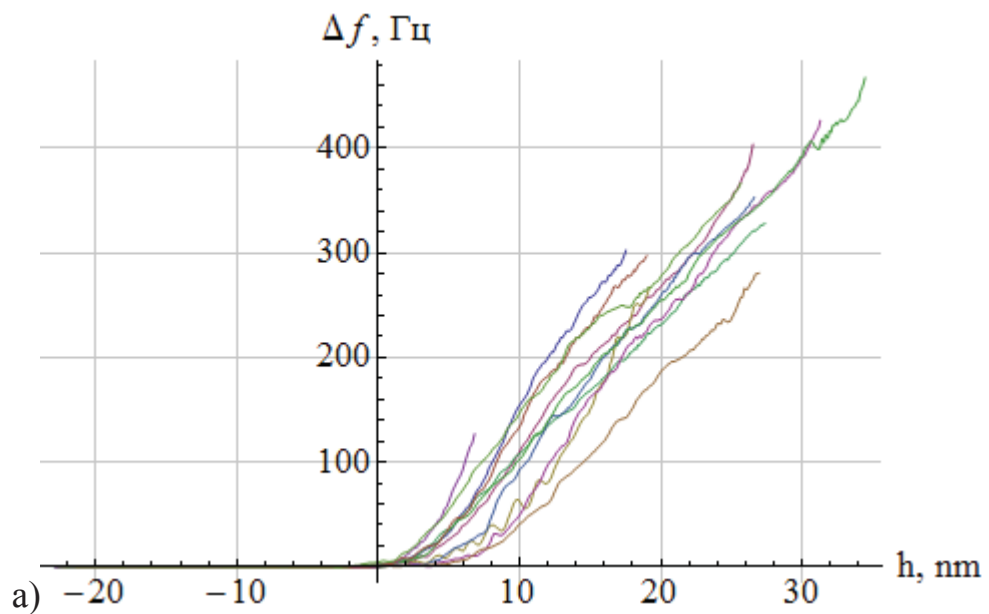


Рисунок 59 – Зависимости сдвига резонансной частоты Δf (а), и приложенной силы F (б) от углубления h в образец 2СГ-15

Рассчитанное по формуле (8) отношение $\frac{H}{E^2}$, полученное на основе представленных на рисунке 2СГ-15 зависимостей $\Delta f(h)$, $F(h)$, а также коэффициента K_{calibr} , полученного ранее, представлено на рисунке 60.

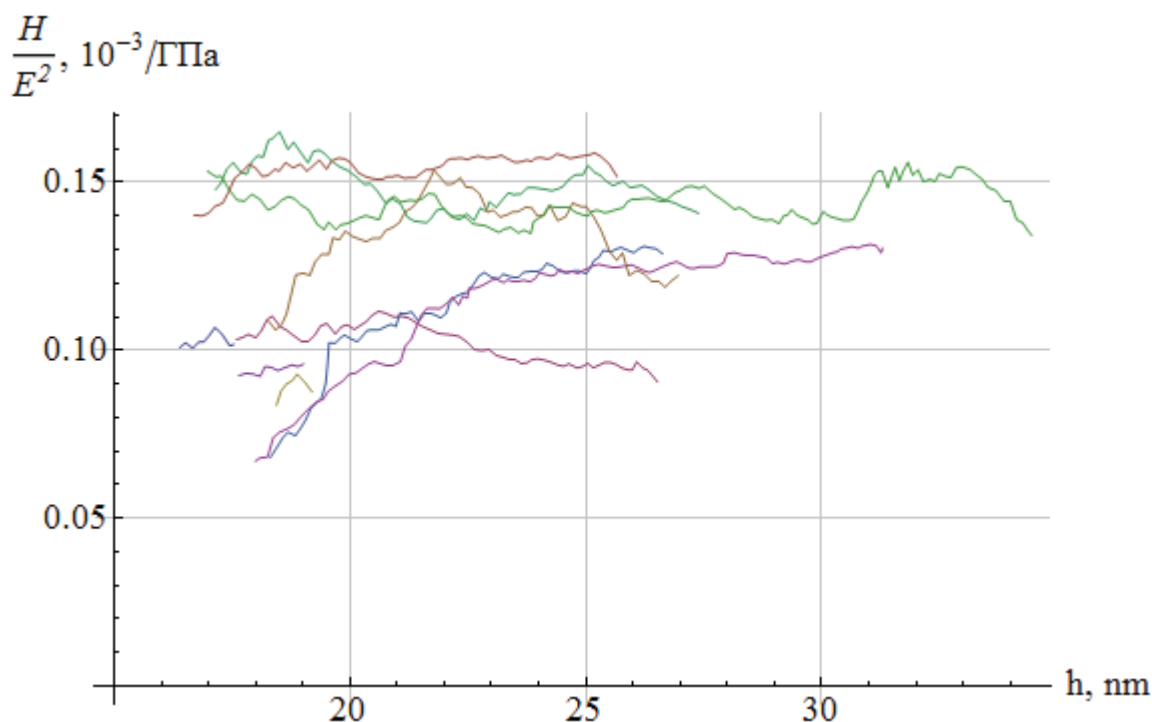


Рисунок 60 – Зависимости отношения H/E^2 от углубления h в образец 2СГ-15

Среднее значение представленных на рисунке 4 данных составляет $0.13 \cdot 10^{-3}$ 1/ГПа, стандартное отклонение: $0.02 \cdot 10^{-3}$ 1/ГПа. Используя информацию о модуле Юнга данного образца ($E=200$ ГПа), получаем для его твердости следующее значение: $H=(6 \pm 2)$ ГПа. Полученное значение с учетом ошибки соответствует паспортным значениям твердости используемой стали коррелирует с данными полученными другими методами.

Для большинства конструкционных материалов значение модуля Юнга, как правило, известно и слабо зависит от способа термической, плазменной или лазерной обработки поверхности. Твердость сталей и других сплавов напротив достаточно сильно зависит от того какой обработке был подвергнут исследуемый материал. Таким образом, данная методика приобретает особую актуальность для исследования свойств поверхностно упрочненных или модифицированных материалов.

Как видно из рисунка 3 рассматриваемый метод в случае стали позволяет проводить измерения начиная с глубин погружения 30 нм; учитывая, что соответствующий размер области контакта составляет около

180 нм, на таких масштабах углублений геометрия рассматриваемых шероховатых поверхностей (индекс Ш в названии) отличается от гладких поверхностей преимущественно наклоном, который в свою очередь оказывает влияние только на коэффициент β , описанный в третьем этапе работ (см. раздел 1.2). Без учета несимметричности контакта, наличие подобного наклона выражается только в зависимости функции формы площади от глубины, которая не оказывает влияния на вычисляемое значение H/E^2 . Таким образом, данная методика должна быть не критична к уровню шероховатости материала.

В связи с описанной выше малостью глубины контакта был изготовлен дополнительный образец стали, параметр R_a которого не превышает нескольких нанометров; в данном отчете он обозначен как СГ-доп. Зависимости $\Delta f(h)$ и $F(h)$, для данного образца представлены на рисунках 61а и 61б.

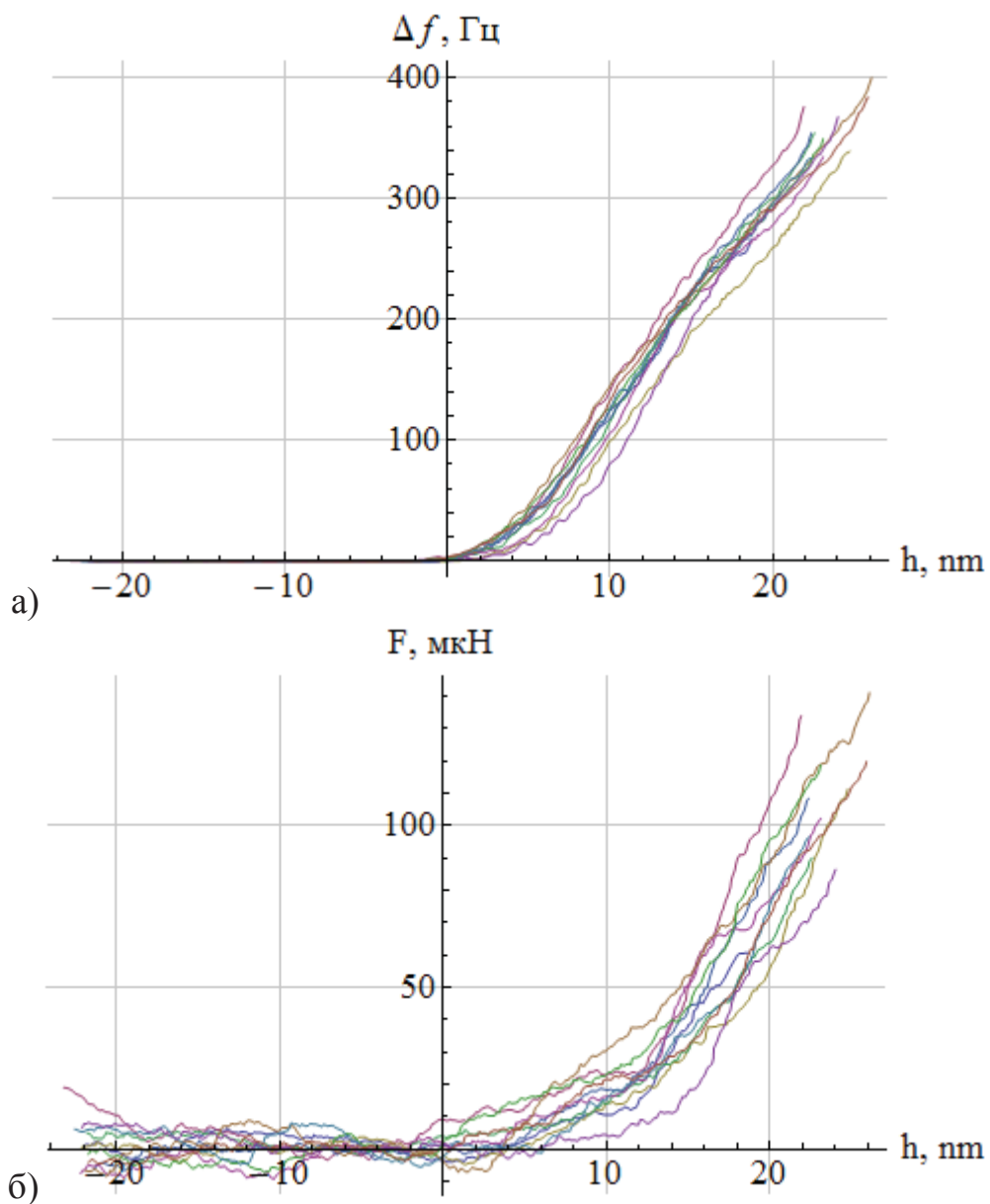


Рисунок 61 – Зависимости сдвига резонансной частоты Δf (а), и приложенной силы F (б) от углубления h в образец СГ-доп.

Для представленных данных также был проведен расчет отношения $\frac{H}{E^2}$, соответствующие кривые представлены на рисунке 62.

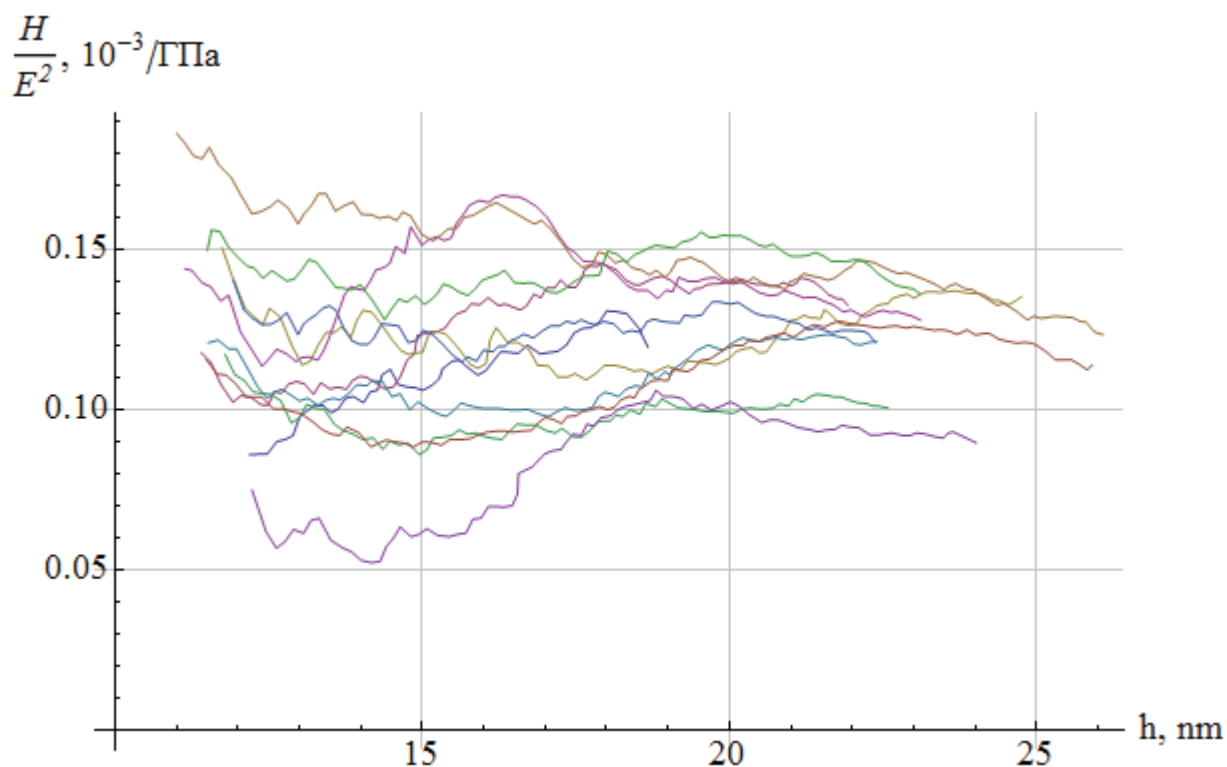


Рисунок 62 – Зависимости отношения H/E^2 от углубления h в образец СГ-доп.

Среднее значение представленных на рисунке 62 данных составляет $0.12 \cdot 10^{-3}$ 1/ГПа, стандартное отклонение: $0.02 \cdot 10^{-3}$ 1/ГПа. То есть они практически совпали со значениями, полученными на шероховатом образце.

Полученные данные указывают на работоспособность данного метода измерения приведенной твердости $\frac{H}{E^2}$ и его перспективность при исследовании механических свойств тонких функциональных покрытий улучшающих потребительские свойства машиностроительных изделий. Возможная рабочая глубина погружения индентора в образец при этом находится на уровне нескольких десятков нанометром, а значит, данный метод позволяет корректно изучать механические свойства упрочняющих и антифрикционных покрытий толщиной менее 100 нм.

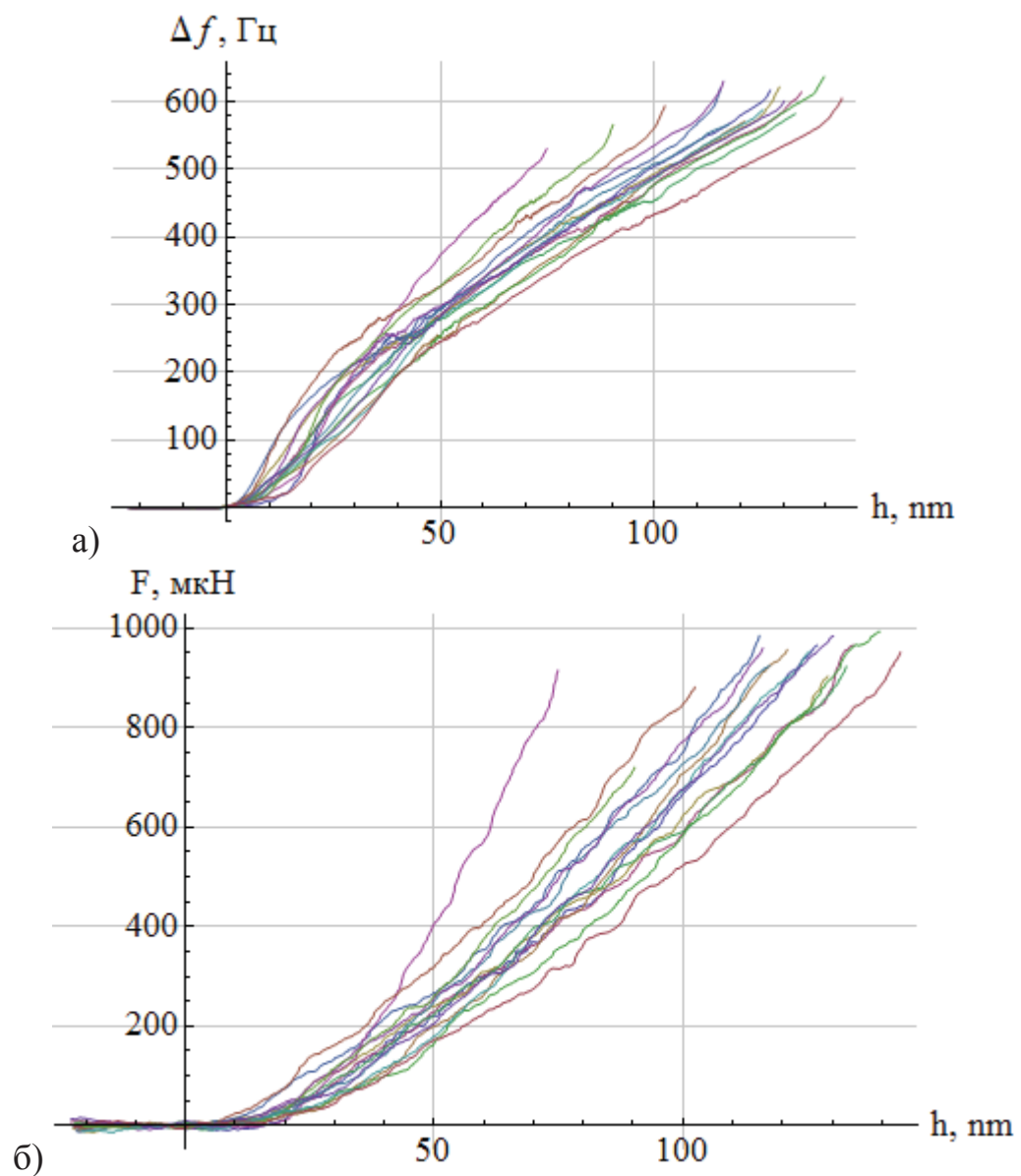


Рисунок 63 – Зависимости сдвига резонансной частоты Δf (а), и приложенной силы F (б) от углубления h в образец 2АГ-9

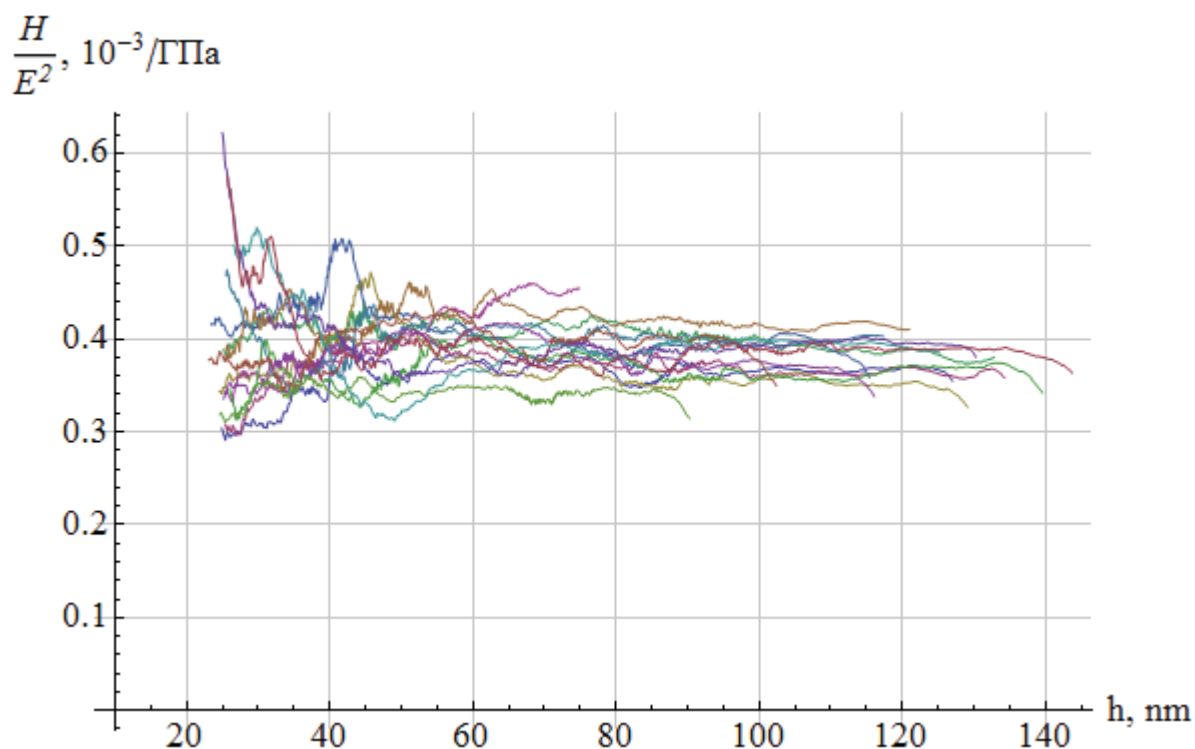


Рисунок 64 – Зависимости отношения H/E^2 от углубления h в образец 2АГ-9

Среднее значение представленных на рисунке данных составляет $0.39 \cdot 10^{-3} \text{ 1/ГПа}$, стандартное отклонение: $0.03 \cdot 10^{-3} \text{ 1/ГПа}$. Используя данные о модуле Юнга алюминия ($E=75 \text{ ГПа}$) получаем для твердости значение $H=(2, 2 \pm 0,2) \text{ ГПа}$, что отлично согласуется с данными полученными другими методами.

Исследования дополнительного образца изготовленного из хорошо отполированного алюминия, дали практически те же значения приведенной твердости, рисунки 65 и 66. При этом даже разброс экспериментальных данных для образца с гладкой поверхности слабо отличается от такового у стандартного образца из алюминия.

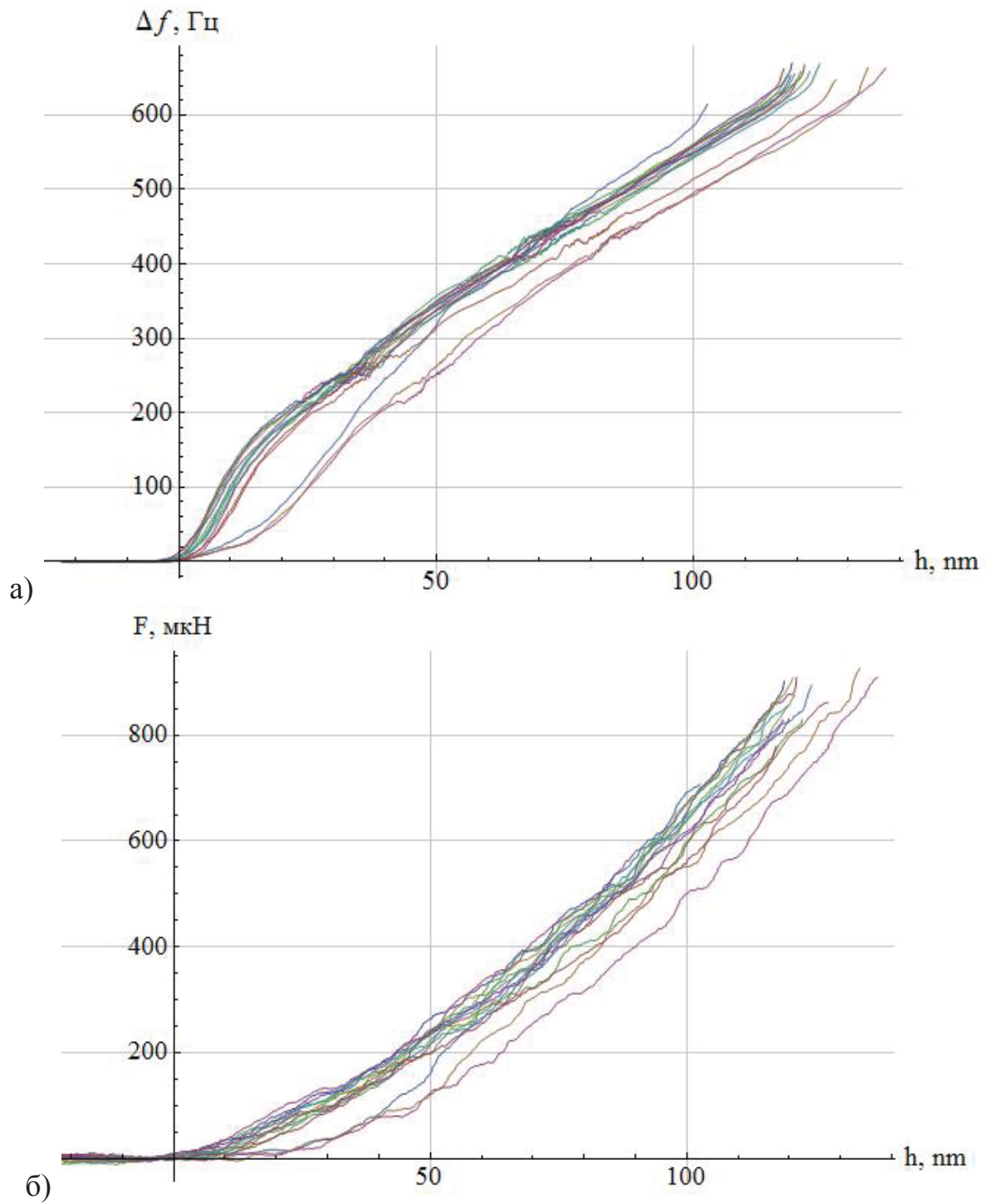


Рисунок 65 – Зависимости сдвига резонансной частоты Δf (а), и приложенной силы F (б) от углубления h в образец АГ-доп.

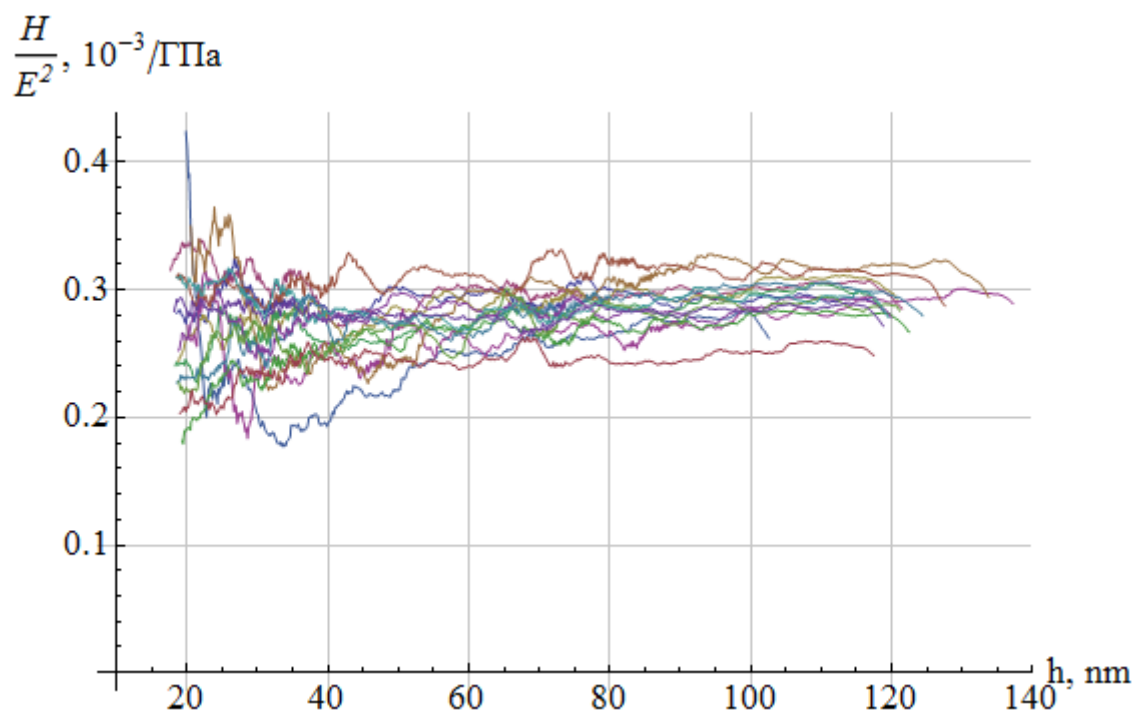


Рисунок 66 – Зависимости отношения H/E^2 от углубления h в образец АГ-доп.

Среднее значение представленных на рисунке 10 данных составляет $0.28 \cdot 10^{-3} / \text{ГПа}$, стандартное отклонение: $0.02 \cdot 10^{-3} / \text{ГПа}$.

Закупленное на данном этапе работ спецоборудование применялось для обеспечения проведения описанной серии экспериментов. В частности:

- комплект моторов-редукторов РК223РА-SG36 и РК223РА использовался для позиционирования образца и измерительной головки при проведении экспериментов в работах данного раздела;

- волоконно-оптический лазерный интерферометрический энкодер модели ЛИ.020-С применялся в финальной стадии экспериментов, для верификации режима работы датчика в широком диапазоне значений изгиба балки камертона. Лазерный энкодер предназначен для измерения бесконтактным способом относительного смещения подвижных элементов различных приборов, в том числе профилометров и нанотвердомеров. Интерферометрический принцип регистрации перемещений позволяет достичь высокой точности, вплоть до единиц нанометров. Высокая стабильность лазера позволяет сохранять точность результатов измерений

при длительных измерительных процессах. Высокая частота сбора данных, реализованная в электронном блоке управления энкодером, позволяет измерять перемещения, характеризующиеся большими скоростями изменения положения объекта.

В заключения данного раздела приведем ряд фотографий иллюстрирующих работу ЭОСНП внутри глубоких отверстий.

На рисунке 67 показано взаимное расположение измерительного зонда и стальной детали с цилиндрическим отверстием диаметром 9 мм во время измерения твердости методом склерометрии.



Рисунок 67 – Зондовый датчик в отверстии диаметром 9 мм

На рисунке 68 показано взаимное расположение измерительного зонда и стальной детали с цилиндрическим отверстием диаметром 15 мм во время измерения твердости и модуля Юнга методом инструментального индентирования и приведенной твердости методом кривых подвода



Рисунок 68 – Зондовый датчик в отверстии диаметром 15 мм

Основной трудностью при работе внутри глубоких отверстий является отсутствие возможности визуального контроля процедуры подвода острия зонда к исследуемой поверхности. После завершения процедуры взаимного позиционирования и подвода к поверхности работа с ЭОСНП существенно упрощается, поскольку наличие сигнала о контакте зонда с поверхностью позволяет основные измерительные процедуры осуществлять в полуавтоматическом режиме, когда оператор только наблюдает за действиями компьютера и прибора, а сбор данных и взаимное перемещение индентора и образца проводит управляющее программное обеспечение.

Таким образом проведенные экспериментальные исследования подтвердили работоспособность метода кривых подвода и доказали возможность измерения приведенного значения твердости конструкционных материалов с помощью пьезорезонансного датчика используемого в составе специализированного нанотвердомера-профилометра. При этом данный метод гармонично дополняет другие методы измерения и позволяет расширить метрологические возможности прибора в область исследования тонких функциональных покрытий и поверхностно упрочненных материалов. Ограничения по части максимальной глубины индентирования в данном методе обусловлены срывом автоколебательного режима

возбуждения зонда. Потери, которые возникают в области контакта алмазного острия с поверхностью материала, приводят к падению добротности камертонного зонда и уменьшению сигнала, возвращающегося с зонда в электронную систему возбуждения колебаний. К аналогичному эффекту срыву автоколебаний приводит и сильный уход резонансной частоты зонда из-за большой величины привнесенной контактной жесткости в области прижима алмазного острия к поверхности образца. Данный факт приводит к рассогласованию АЧХ электронного тракта и зонда и уменьшению петлевого усиления на резонансной частоте. Влияние этих факторов может быть уменьшено чисто электронными методами и такая возможность, управления коэффициентом усиления электронного тракта и видом его АЧХ предусмотрена в разработанном электронном обеспечении и может быть осуществлено чисто программным методом в режиме реального времени.

1.2 Сопоставление экспериментальных результатов с теоретическими исследованиями и моделированием

Было проведено сопоставление теоретических исследований, проведенных во втором этапе работ и направленных на учет влияния величины шероховатости на измеряемые значения твердости и модуля упругости. Было проведено исследование двух образцов стали, топография поверхности которых представлена на рисунках 69 и 70.

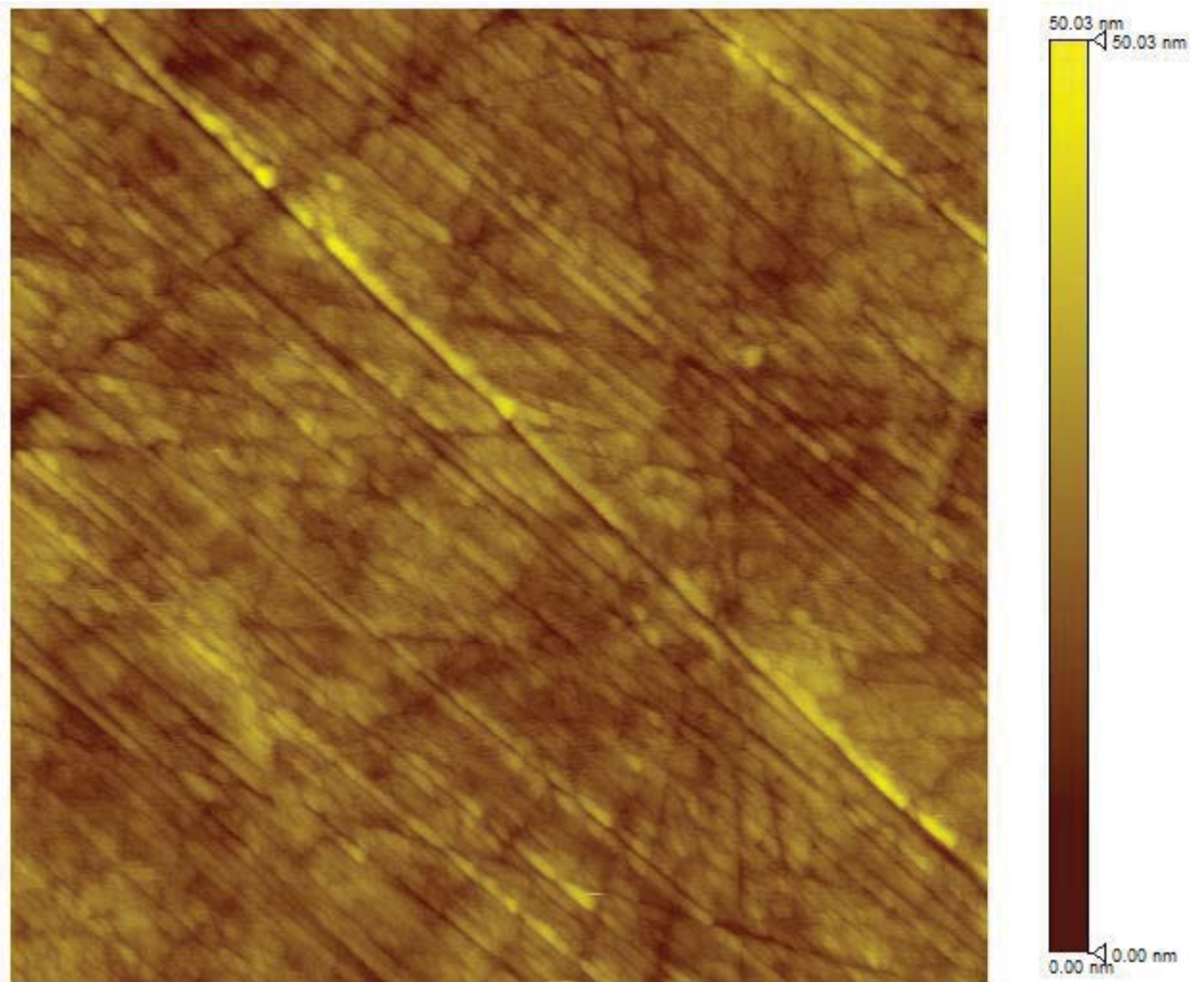


Рисунок 69 – Поверхность образца 1СШ. Размер поля сканирования: 26,19 x 25,35 мкм²

Для получения изображений рельефа поверхности использовалась уникальная научная установка “Многофункциональный комплекс для формирования и исследования параметров тонких пленок” (ФГБОУ ВПО “РГРТУ), в состав которой входит метрологический атомно-силовой микроскоп.

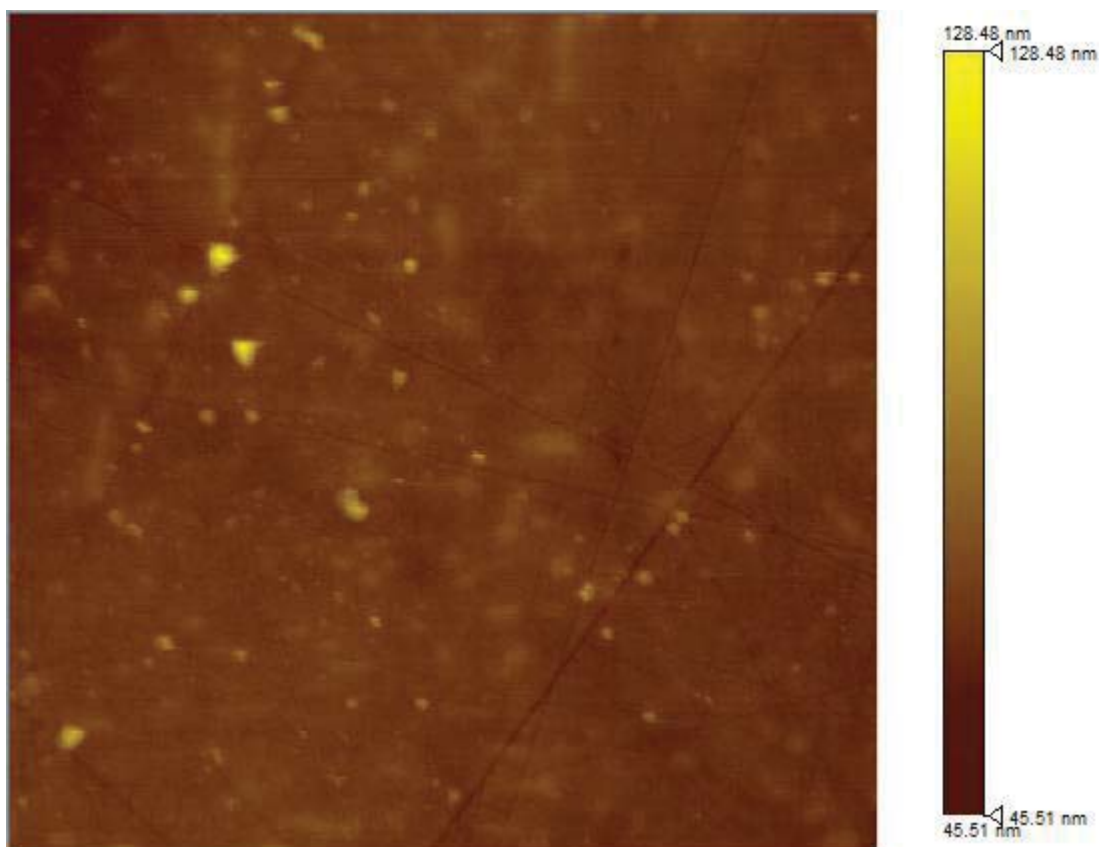


Рисунок 70 – Поверхность образца 1СГ. Размер поля сканирования 35.55 x 30.39 мкм²

Как видно из представленных рисунков, образец 1СШ в целом является более шероховатым: на нем присутствуют относительно регулярные царапины глубиной порядка 15 нм, в то время как на образце 1СГ характерная глубина неровностей составляет всего 5 нм. В то же время разброс высот на образце 1СГ почти в полтора раза превышает разброс высот образца 1СШ, что связано с наличием на его поверхности частичек SiC, оставшихся после полировки.

На каждом из полученных изображений был проведен диагональный профиль, соответствующие профилограммы приведены на рисунках 71 и 72.

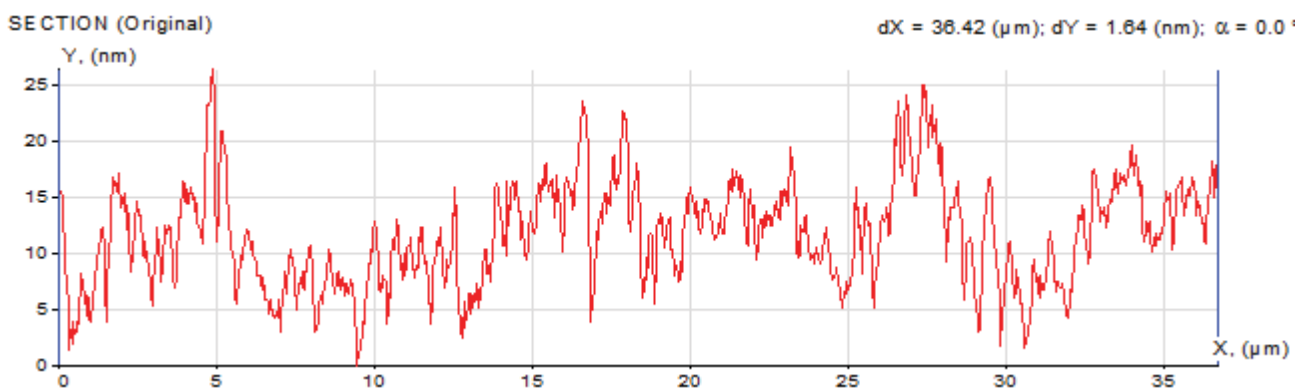


Рисунок 71 – Профиль поверхности образца 1СШ



Рисунок 72 – Профиль поверхности образца 1СГ

Представленные профилограммы были обработаны в соответствии со стандартом ISO 4287 и ISO 3274: полученные опорные кривые, а также расчетные параметры шероховатости для профилей образцов 1СШ и 1СГ представлены на рисунках 73 и 74 соответственно.

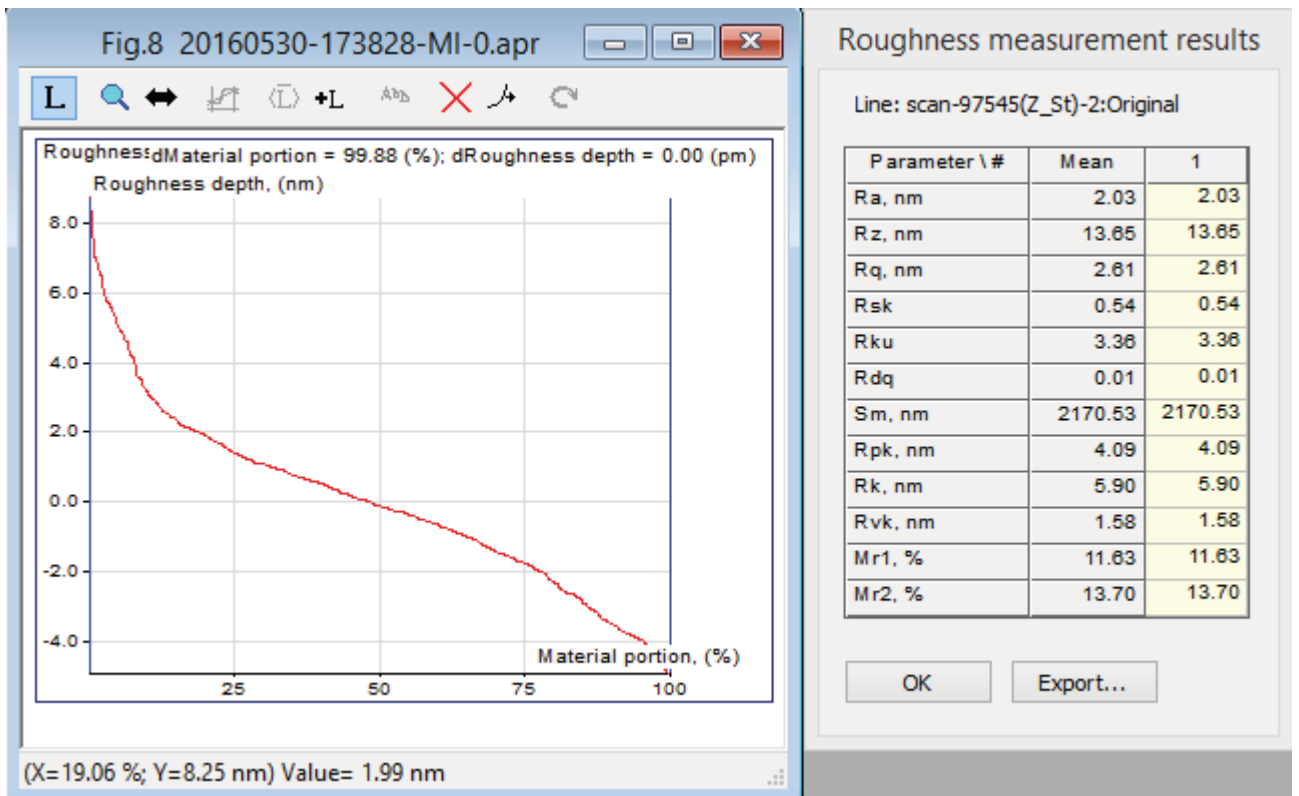


Рисунок 73 – Опорная кривая и параметры шероховатости для образца 1СШ

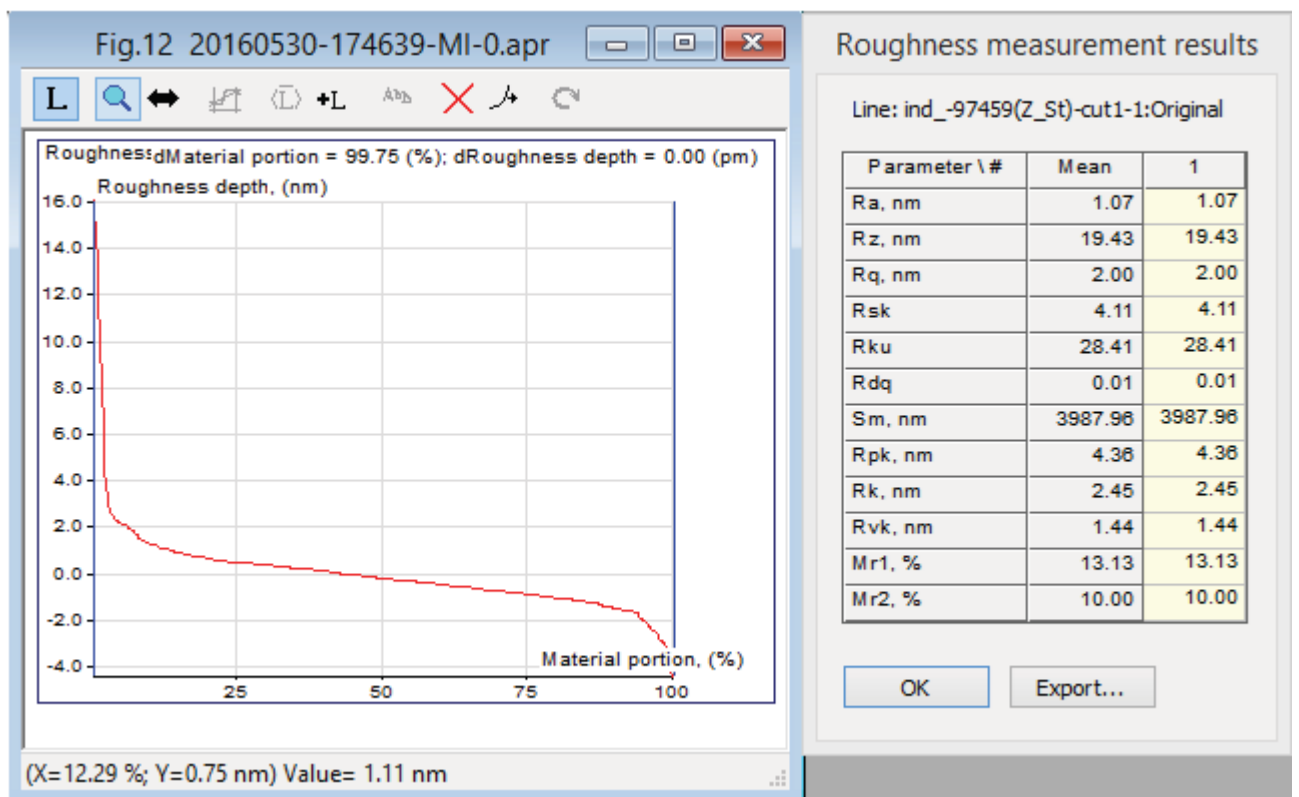


Рисунок 74 – Опорная кривая и параметры шероховатости для образца 1СГ

Профили шероховатости и волнистости для этих исходных профилей (образцов 1СШ и 1СГ представлены на рисунках 75 и 76).

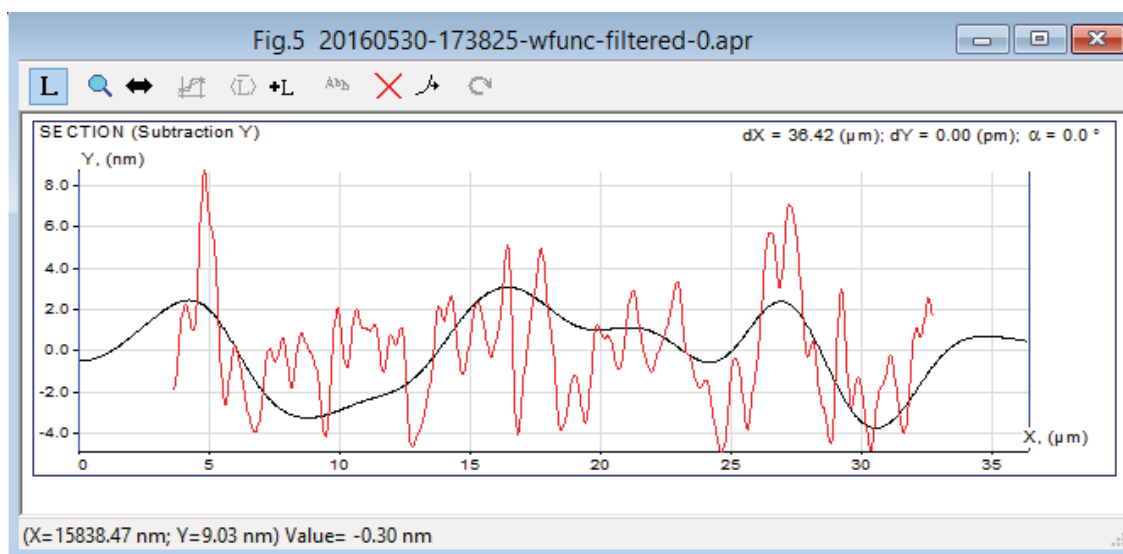


Рисунок 75 – Профили шероховатости и волнистости (красная и черная кривые) для образца 1СШ

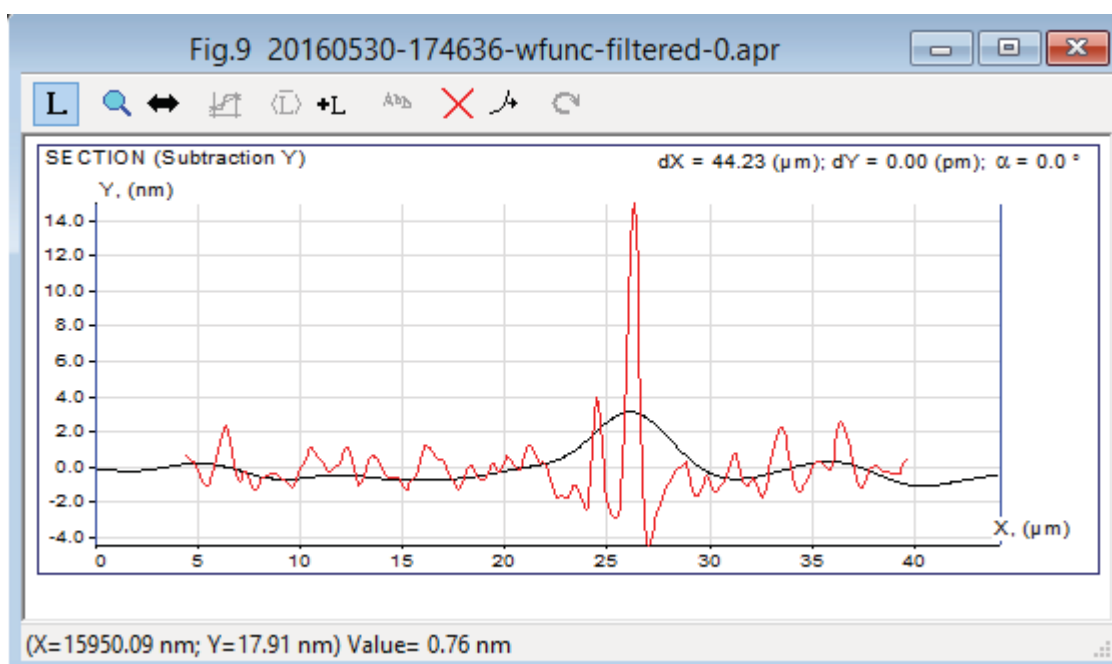


Рисунок 76 – Профили шероховатости и волнистости (красная и черная кривые) для образца 1СГ

На каждом из образцов были нанесены серии уколов с нагрузками от 1 мН до 60 мН. В результате были получены зависимости твердости от контактной глубины. Соответствующие графики представлены на рисунках 77 и 78.

На рисунках также представлены аппроксимирующие зависимости, вид которых был получен в процессе выполнения второго этапа работ. Соответствующие кривые вида:

$$H = \frac{F_{max}}{A(h_c)} \quad (9)$$

представлены на рисунке сплошными линиями.

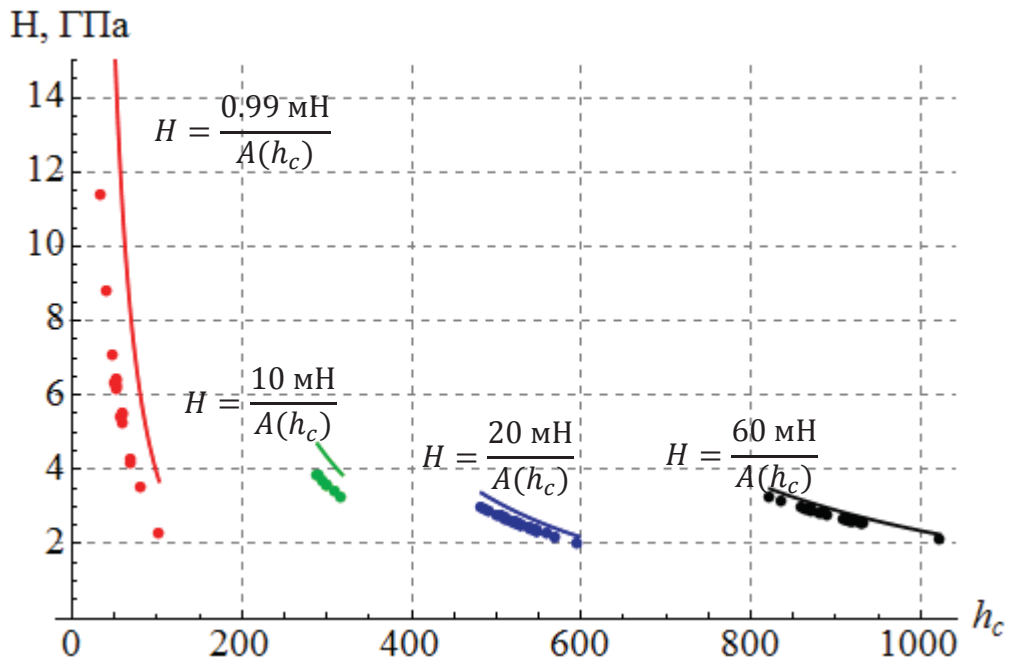


Рисунок 77 – Зависимость твердости от максимальной глубины индентирования для образца 1СШ

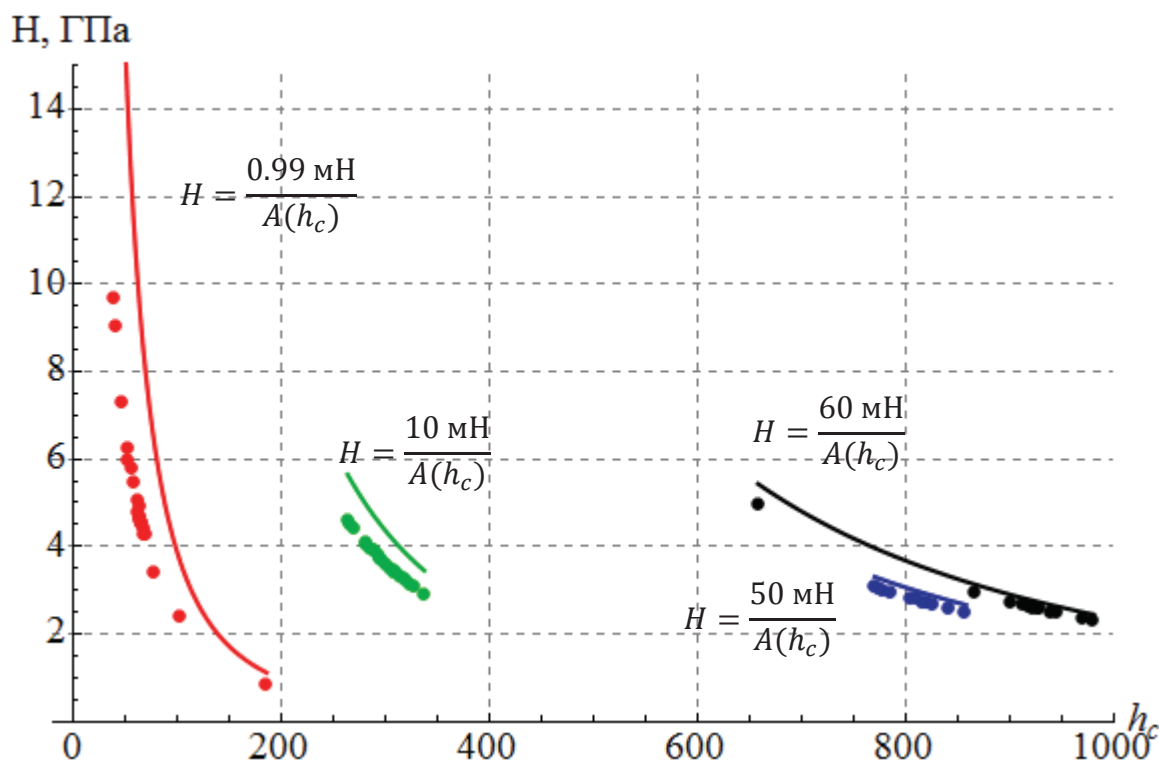


Рисунок 78 – Зависимость твердости от максимальной глубины индентирования для образца 1СГ

Из представленных данных видно, что предложенная модель хорошо описывает разброс экспериментальных данных и указывает на наличие систематической составляющей ошибки, обусловленной особенностями метода измерительного индентирования. Причина этой ошибки случайна – неровность поверхности индентирования, то есть ее шероховатость, но проявления носят вполне регулярный характер и могут быть устранены из результатов измерения твердости.

Рассмотрим данный подход на примере данных полученных при исследовании образца алюминиевого сплава, подготовленного в ФГБНУ ТИСНУМ. Эти данные выбраны в силу высокой наглядности и характерности картины распределения измеренных величин.

На рисунке 79 и 80 приведены данные о твердости и модуле Юнга полученные при фиксированной нагрузке в различных точках материала.

Хорошо видно характерное распределение твердости и модуля Юнга по законам:

$$\begin{cases} E \sim \frac{1}{\sqrt{A(h_c)}} \\ H = \frac{1}{A(h_c)} \end{cases} \text{ то есть } \begin{cases} E \sim \frac{1}{h_c} \\ H = \frac{1}{h_c^2} \end{cases} \quad (10)$$

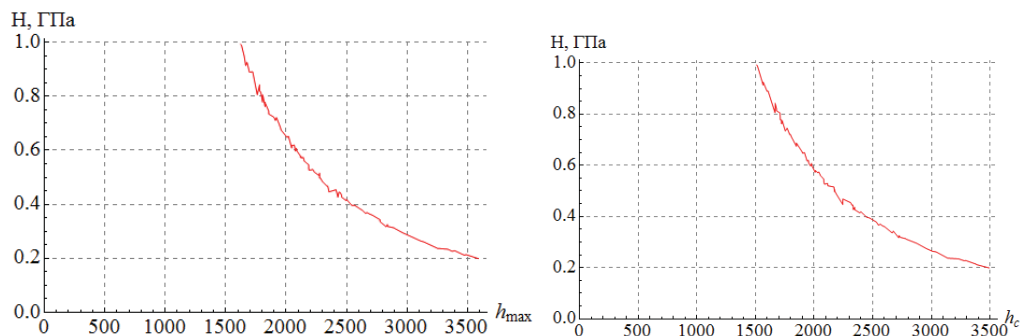


Рисунок 79 – Зависимость измеренного значения твердости от максимальной и контактной глубины погружения индентора

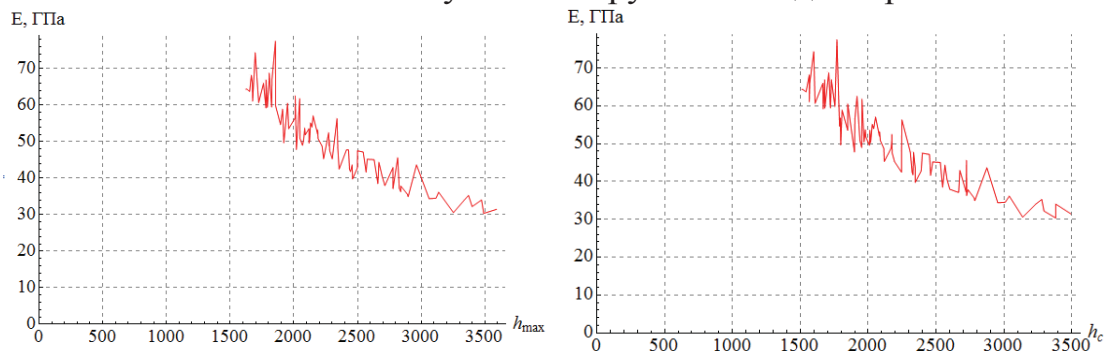


Рисунок 80 – Зависимость измеренного значения модуля Юнга от максимальной и контактной глубины погружения индентора

При разработке математической модели измерения приведенной твердости H/E^2 было показано [2] что контактная жесткость S остается неизменной при заданном усилии прижима индентора к поверхности независимо от локального рельефа поверхности в точке индентирования. Этот теоретический результат ярко иллюстрирует экспериментальная зависимость S от h , представленная на рисунке 81.

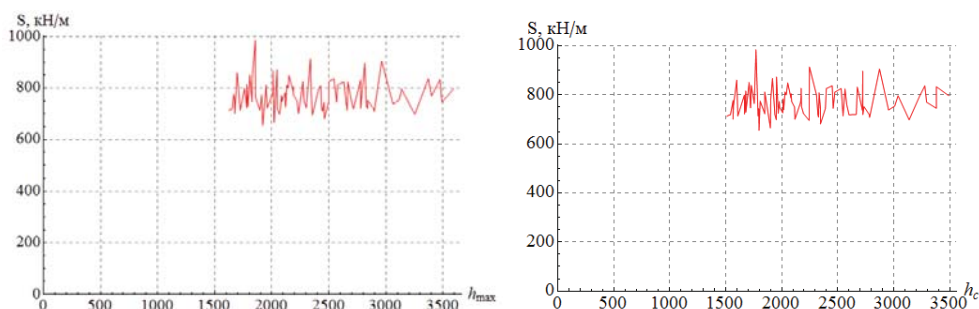


Рисунок 81 – Зависимость контактной жесткости на разгрузочной кривой от максимальной и контактной глубины погружения индентора

Статистическая обработка данного массива экспериментальных точек дает следующие значения для интересующих нас величин:

"№ серии"	"1"
"F, мН"	"106.40" ± "1.46"
"H, ГПа"	"0.54" ± "0.21"
"E, ГПа"	"49.95" ± "11.07"
"S, кН/м"	"771.90" ± "60.15"

Из представленных данных видно, что разброс измеренных значений минимален для силы, поскольку она задается при индентировании, и контактной жесткости, поскольку она не зависит от силы и глубины индентирования и определяется формой индентора, твердостью и модулем Юнга материала.

Данный факт является следствием известных соотношений связывающих между собой твердость модуль Юнга и контактную жесткость на разгрузочной кривой:

$$\begin{cases} E = \frac{S}{2} \sqrt{\frac{\pi}{A(h_c)}} \\ H = \frac{F}{A(h_c)} \end{cases} \quad (11)$$

Исключая из этих соотношений $A(h_c) = \pi S^2 / 4E$, получаем необходимую взаимосвязь между измеряемыми величинами:

$$H = \frac{4FE}{\pi S^2} \quad (12)$$

Таким образом, та неопределенность в глубине индентирования, которая обусловлена шероховатостью поверхности образца, исключилась и мы получили выражение, связывающее только измеряемые величины.

Используя это соотношение и зная модуль Юнга материала можно нивелировать влияние шероховатости исключив разброс глубин индентирования, возникающий из-за неровностей поверхности.

Этот результат хорошо известен из базовых публикаций по методам инструментального индентирования [3], однако до последнего времени никто не предлагал, используя априорную информацию о модуле Юнга, исключить неопределенность в измеренных значениях твердости, обусловленную шероховатостью.

Для большинства металлов и их сплавов характерной особенностью является высокая вариативность именно твердости материала при практически неизменном значении модуля Юнга для сплава фиксированного состава. Разнообразные процедуры закалки и отпуска, а также разного рода прокатки и методы наноструктуризации изменяют именно твердость, не задевая существенным образом модуль упругости Юнга.

Таким образом, используя априорную информации о модуле Юнга исследуемого материала можно устранить влияние шероховатости на получаемые данные о твердости, для этого надо просто воспользоваться данными о контактной жесткости S и вычислить твердость, задавшись определенным значением модуля Юнга. Пример такой обработки для обсуждаемых данных приведен на рисунке 82.

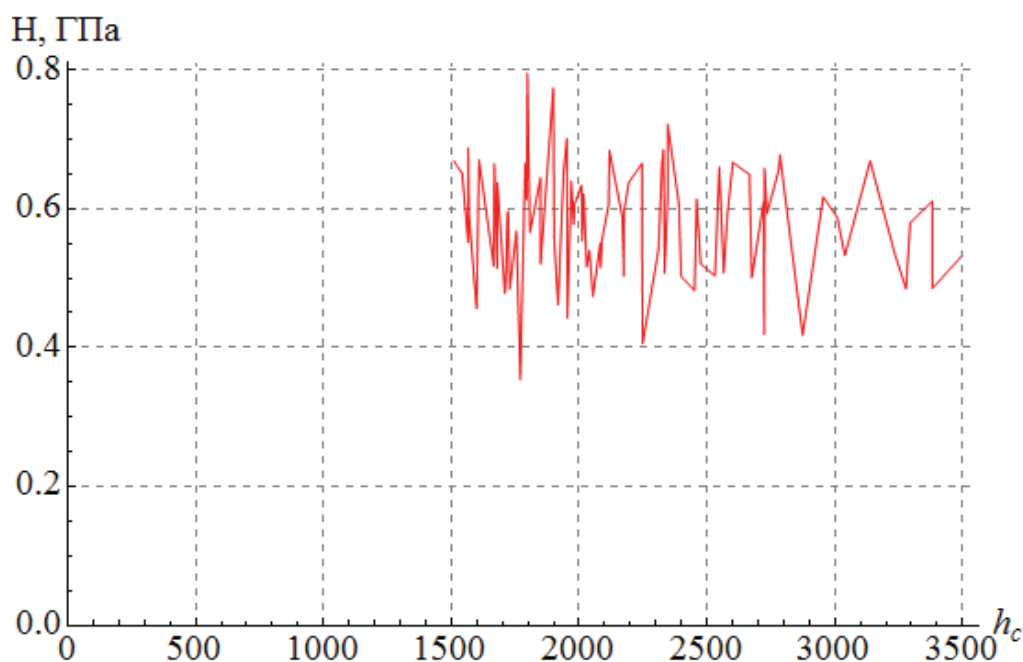


Рисунок 82 – Зависимость измеренной твердости образца алюминия в зависимости от контактной глубины погружения индентора, рассчитанная в предположении известности модуля Юнга материала

Хорошо видно, что такая обработка существенно уменьшила неопределенность в значении твердости исследуемого образца алюминия и продемонстрировала вполне адекватное значение твердости, совпадающее со значением твердости, измеренном на данном образце при нагрузках, когда глубина индентирования существенно превышает уровень шероховатости.

Данный подход может быть реализован и при отсутствии априорной информации о значении Модуля Юнга исследуемого материала. Для этого измерения на наноуровне надо дополнить данными об инструментальном индентировании при существенно больших нагрузках или произвести подготовку специального хорошо отполированного образца материала и провести на нем измерение твердости и модуля Юнга материала. Эти калибровочные данные можно использовать при обработке данных с реальных поверхностей машиностроительных изделий с высоким уровнем шероховатости.

Такой подход при измерении твердости крупных литых изделий традиционно используется при обычном измерении твердости методом

микроиндентирования. В этом случае на большой детали с грубой поверхностью с помощью режущего и абразивного инструмента формируется плоская гладкая площадка, на которой и производятся измерения микротвердости.

Предлагаемый алгоритм обработки данных, получаемых при инструментальном индентировании, может быть использован и в реверсированном виде, когда мы полагаем твердость исследуемого материала постоянной величиной и по выражению (11), используя данные о контактной жесткости, вычисляем локальное значение модуля Юнга. Такой подход, кажется менее физичным, тем не менее его можно использовать при картографировании механических свойств наноструктурированных образцов, поскольку при такой обработке резко падает влияние шероховатости, появляется возможность различать различные фракции материала, отличающиеся по механическим свойствам. Естественно такого рода картографирование можно проводить, фиксируя значение модуля Юнга и вычисляя по формуле (12) твердость.

Таким образом, на данном этапе работ по верификации моделей описывающих влияния различных факторов на точность проводимых измерений были не только проверены модели, но и предложен физически обоснованный подход, позволяющий существенно понизить влияние шероховатости на результаты измерения твердости конструкционных материалов.

Результаты и выводы раздела

В рамках данного раздела были продемонстрированы результаты измерений модельных тестовых образцов, изготовленных Индустриальным партнером на предыдущем этапе работ, с помощью ЭОСНП и с применением различных реализованных на его базе измерительных методик.

Проведенные исследования показали соответствие измеряемых ЭОСНП параметров требуемым согласно ТЗ характеристикам. Вместе с тем

был обнаружен ряд особенностей, в частности: методика измерения отношения твердости к квадрату модуля упругости позволяет измерять свойства материала на небольших глубинах, и может быть рекомендована для измерения свойств тонких покрытий. Применение данного метода вместе с методом склерометрии позволяет измерять совокупность свойств (твердость и модуль упругости) для образцов с развитой шероховатостью.

В случае измерений методом инструментального индентирования полученные результаты подтверждают возможность измерения твердости и модуля упругости методом инструментального индентирования, однако в соответствии с ГОСТ данные измерения ограничены допустимыми значениями шероховатости: R_a менее 0.13 мкм для алюминия и R_a менее 0.08 мкм для стали. Вместе с тем, на основе экспериментальных данных и теоретических представлений о контакте индентора с образцом был предложен и продемонстрирован алгоритм вычисления твердости шероховатых образцов при наличии априорной информации о модуле упругости, показавший соответствие экспериментальных данных модельным зависимостям.

Результаты, полученные в ходе анализа и систематизации результатов измерений с помощью ЭОСНП, опубликованы в 2-х статьях в изданиях из перечня Scopus и Web of Science:

1) I.I. Maslenikov, N.V. Reshetov Resonance oscillation damping of a scanning microscope probe by a near-surface viscous liquid layer // Acoustical Physics – 2016 – vol. 62, no. 3 – pp. 392-397

2) A. Useinov, V. Reshetov, I. Maslenikov, A. Rusakov, E. Gladkih, V. Beshpalov, B. Loginov Study of properties of thin films in dynamic mechanical analysis mode using Nanoscan-4D scanning nano-hardness tester // Nanoindustriya – 2016 – no. 1 – pp. 80-87

В целях популяризации научных достижений, полученных в результате выполнения ПНИ, основные результаты исследований были освещены на двух мероприятиях:

1) VII Всероссийская конференция по испытаниям и исследованиям свойств материалов "ТестМат", Россия, Москва, 17.02.2016 (<http://conf.viam.ru/conf/190>, общее число участников 160).

2) Международная конференция «Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология», Россия, Москва, 6-9 июня 2016 года (<http://ruscarbon.com/>, общее число участников 275).

Полученные результаты соответствуют задачам п. 4.1 ПГ и требованиям п. 3.19 ТЗ.

2. Выявление недочетов в конструкции экспериментального образца специализированного нанотвердомера-профилометра и корректировка документации, электрических схем и программного обеспечения

2.1 Корректировка ЭКД

Испытания экспериментального образца специализированного нанотвердомера-профилометра продемонстрировали полное соответствие достигнутых характеристик требованиям ТЗ на ПНИ. Однако в ходе проведения испытаний был выявлен ряд факторов отрицательно влияющих на точность проводимых измерений. Одним из таких факторов является влияние сейсмических и вибрационных шумов на получаемые экспериментальные данные. Наиболее существенно влияние этих факторов при работе внутри глубоких отверстий, когда резонансная частота и жесткость удерживающей датчик штанги оказывается минимальной.

Рабочим средством борьбы с вибрационными и сейсмическим помехами является используемая в составе прибора система пассивной виброизоляции Munis-K. Она гасит уровень вибраций, присутствующий на территории ФГБНУ ТИСНУМ, до уровня не мешающего проводить все необходимые по ТЗ измерения. Однако в условиях промышленного применения уровень вибрационных помех может оказаться существенно выше уровня, присутствующего в научном учреждении, поэтому был принято решение внести ряд изменений в конструкцию датчика специализированного нанотвердомера-профилометра улучшающих его виброзащищенность без нарушения основных метрологических характеристик. Для решения данной задачи в конструкцию зонда предлагается внести упругий элемент, позволяющий зафиксировать положение основания зонда по отношению к исследуемой поверхности в ходе проведения измерений твердости и модуля упругости.

Второй фактор связан с фиксированной изгибной жесткостью используемого пьезорезонансного зонда камертонной конструкции. Размеры зонда определяются его рабочей резонансной частотой и диапазоном сканирования по высоте. При этом чувствительность канала измерения силы прижима оказывается в жесткой связке с диапазоном сканирования по высоте (величиной изгиба ножки камертона) и не может регулироваться независимым образом. Для устранения этого недостатка и расширения рабочего диапазона нагрузок в область меньших значений предлагается видоизменить узел крепления зонда к корпусу датчика. Этот узел следует сделать гибким, что даст возможность управления жесткостью датчика силы прижима, при изготовлении различных вариантов чувствительного датчика используемого в специализированном нанотвердомере-профилометре.

В откорректированной конструкторской документации так же предусмотрена возможность изменения длины штока, удерживающего датчик. Это изменение обусловлено более удобным режимом работы с исследуемыми деталями, когда глубина изучаемых отверстий не существенно превышает длину штока, Кроме того уменьшение длины штока приводит к повышению резонансной частоты системы крепления датчика и как следствие к уменьшению влияния сейсмических и вибрационных помех. Регулировка рабочей длины возможна, как путем изменения точки крепления штока к моторизированному позиционеру, так и путем использования штоков различной длины. Для совмещения рабочего положения индентора и исследуемой поверхности в рабочей плите, на которой крепиться все измерительное оборудование предусмотрена система крепежных отверстий с шагом 50 мм. Целесообразно изготовление набора штоков, удерживающих зондовый датчик различной длины.

Характер привнесенных изменений и отсутствие их влияния на функциональные возможности специализированного нанотвердомера-профилометра хорошо видны на приведенных ниже рисунках. Общий вид прибора в рабочем состоянии представлен на рисунок 83.

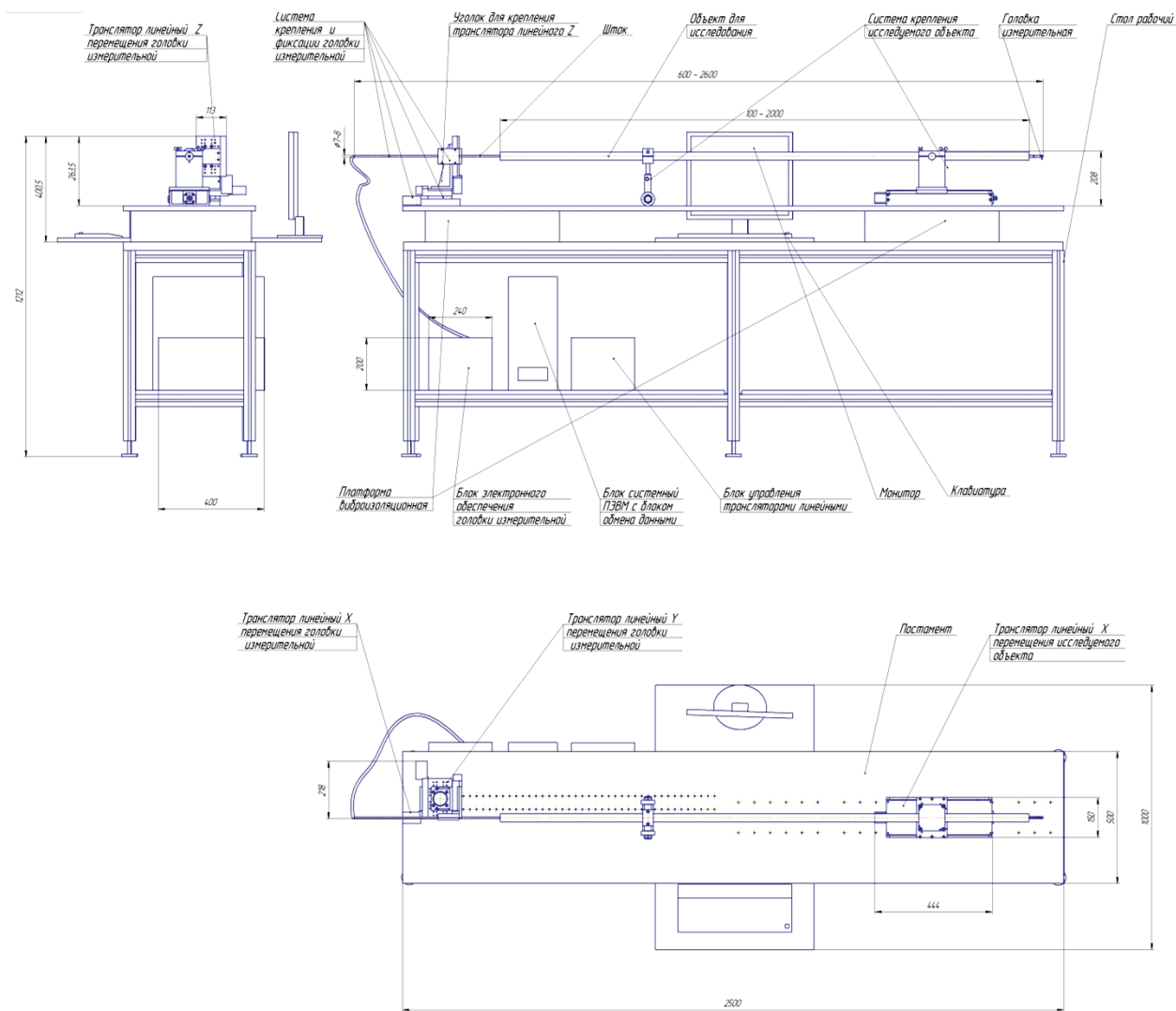


Рисунок 83 – Общий вид рабочей плиты с отверстиями для различных взаимных расположений исследуемого изделия и зондового датчика

Управление параметрами датчика силы через жесткость опоры, на которую крепится зонд с индентором не нарушает работоспособность прибора в режиме профилирования, поскольку при сканировании поверхности уровень сил взаимодействия настолько низок, что существенного изгиба камертона и узла его крепления не происходит. Изменяя глубину и ширину встречных разрезов можно регулировать чувствительность оптического датчика силы изгибающей зонд вместе с элементом крепления. Изображение разрезного узла крепления ножки камертонного пьезорезонансного зонда приведено на рисунке 84. Это

простое усовершенствование конструкции позволяет создать целую линейку датчиков оптимизированных для работы с конкретными материалами, рисунок 84.

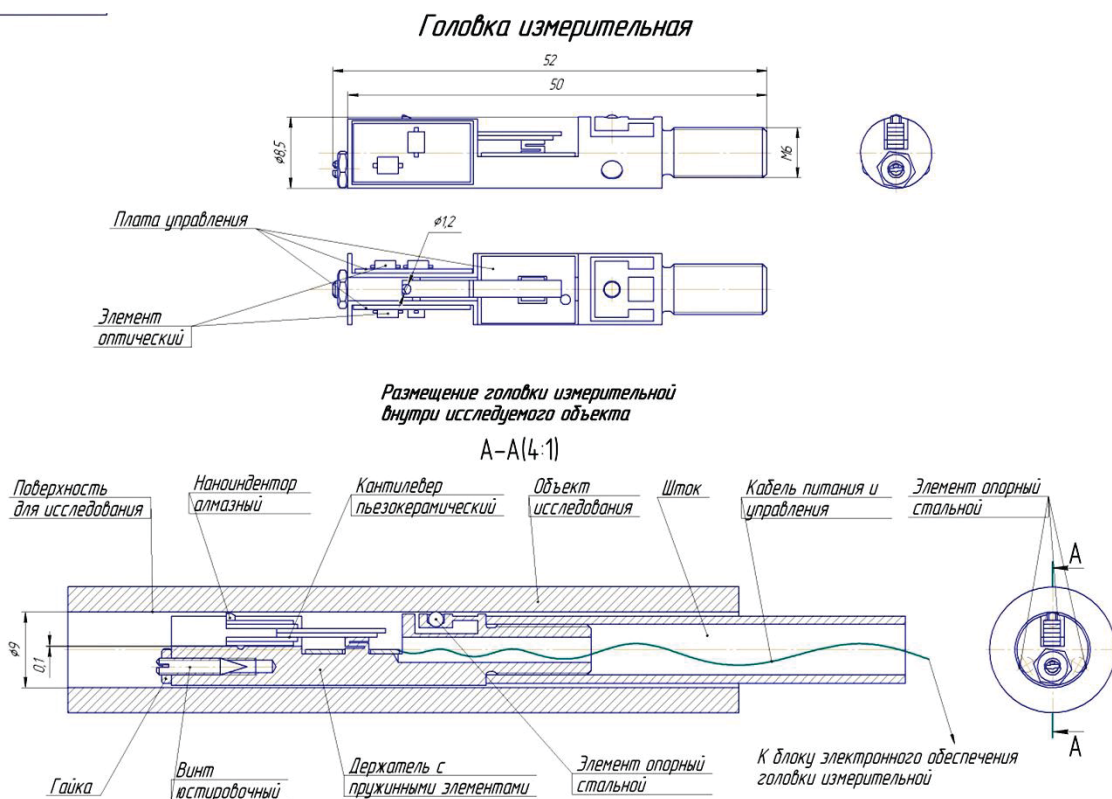


Рисунок 84 – Внешний вид новой модификации датчика, учитывающей опыт проведения испытаний экспериментального образца специализированного нанотвердомера-профилометра

Добавление в конструкцию датчика трех упругих шаровидных опор позволяет избежать повреждения датчика и исследуемой поверхности при введении его внутрь исследуемой детали и обеспечивает гашение паразитных колебаний штанги за счет упругого контакта верхнего шарика с исследуемой поверхностью. Контактная жесткость, возникающая при прижиге шарика к поверхности, позволяет уменьшить паразитные колебания штока и стабилизирует взаимное положение алмазного индентора и исследуемой поверхности.

Таким образом, в целом разработанная конструкция экспериментального образца специализированного нанотвердомера-

профилометра оказалась вполне работоспособной, продемонстрировала требуемые метрологические характеристики и с учетом корректировки эскизной конструкторской документации может быть использована в качестве прототипа при выполнении ОКР по подготовке производства специализированного нанотвердомера-профилометра.

2.2 Электрические схемы

В ходе выполнения испытаний экспериментального образца специализированного нанотвердомера-профилометра не было выявлено, каких либо недочетов, требующих корректировки электрических схем основных узлов прибора.

Принятый схемотехнический подход и разумное сочетание аналоговых и цифровых узлов в составе электроники позволил в полном объеме осуществить все необходимые испытания экспериментального образца прибора и признать электронику годной к опытному производству.

Наличие цифровых каналов управления характеристиками радиоэлектронных трактов и микроконтроллерных элементов управления в составе электронной схемы, позволило гибко конфигурировать электронику и управлять параметрами возбуждения колебаний используемого пьезорезонансного зонда.

Набор доступных для управления параметров электроники с использованием ПО и ПК оказался достаточным для настройки требуемых режимов работы. Быстродействие канала связи ПК со специализированным нанотвердомером-профилометром не ограничивает скорость получения экспериментальных данных о профиле поверхности и зависимости силы от глубины погружения индентора при инструментальном индентировании.

Можно констатировать, что все необходимые для работы прибора настройки и возможные изменения конфигурации прибора могут быть осуществлены разработанным ПО с использованием изготовленного в ходе

выполнения ПНИ электронного оборудования. Подробное описание используемых электронных схем и интерфейсов управления и протоколов передачи данных было приведено в отчетах за предыдущие этапы работы.

Для анализа работы электрических схем ЭОСНП использовалось закупленное на данном этапе спецоборудование:

- генератор сигналов Agilent 33522B: использовался для настройки платы электроники, подачи синусоидальных сигналов при измерении амплитудно-частотных и фазово-частотных характеристик тракта электроники и пьезорезонансных зондов

- цифровой осциллограф Tektronix MSO2014B: использовался для настройки платы электроники, измерения сигналов для построения амплитудно-частотных и фазово-частотных характеристик тракта электроники и пьезорезонансных зондов.

2.3 Программное обеспечение

По результатам практического применения ЭОСНП для измерения различных образцов было обнаружено, что довольно востребованной задачей является проведение большого количества однотипных измерений. Такой подход позволяет применять методы статистической обработки к полученным экспериментальным данным. В ряде случаев обработка большого количества экспериментальных точек позволяет также повысить точность измерений за счет математического усреднения.

Реализованные элементы управления в ПО позволяют выполнять измерения в ручном режиме, при котором запуск каждой процедуры измерений выполняется оператором после предварительной установки параметров эксперимента. Такой режим имеет ряд недостатков:

- требуется постоянное присутствие оператора у прибора;

- на ввод и подтверждение параметров требуется время, что снижает производительность измерений;

- в случаях, когда оператор не сразу после окончания предыдущего измерения может запустить следующее, происходит простой прибора и, соответственно, производится меньшее количество измерений;

- возможны ошибки/опечатки при вводе или подтверждении параметров измерений.

В практике автоматизации работы различных программных продуктов или аппаратных комплексов можно выделить три подхода:

1) Запись определенного набора действий курсором и клавиатурой с последующим их воспроизведением. Для этого используются специальные сторонние программы (так называемые утилиты), которые могут быть платными или свободно распространяемыми. В данных утилитах последовательность координат мыши, события нажатия кнопок мыши и нажатие клавиш на клавиатуре записывается в виде файла с инструкциями. Затем данный файл может быть загружен утилитой и будет выполнена в точности записанная последовательность перемещения мыши и нажатия клавиш. Таким образом возможно осуществлять повторный ввод и запуск определенных функций, в данном случае, измерений с помощью ЭОСНП.

Недостатком такого подхода является отсутствие возможности контролировать наступление внештатных ситуаций (сбоев и незапланированного окончания измерения), а также отслеживать сообщения от ПО прибора при наступлении различных событий. Во всех этих случаях потребуется вмешательство оператора, фактически, после каждого измерения. Данный подход позволит сократить время на ввод и подтверждение параметров тестов, но все равно потребует полноценного участия оператора в процессе измерений.

2) Интеграция в управляющее ПО какой-то из существующих систем автоматизации. Одним из самых распространенных средств в данном направлении считается Visual Basic Scripting Edition (обычно просто

VBScript) — скриптовый язык программирования, интерпретируемый компонентом Windows Script Host. Он широко используется при создании скриптов в операционных системах семейства Microsoft Windows. Такой тип сценариев обычно используется для:

- создания сложных сценариев;
- использования объектов из других приложений и библиотек;
- скрытия окон в ходе выполнения сценария/

В основном VBS-сценарии применяются для обработки данных, управления системой, работы с учетными записями пользователей и компьютеров, взаимодействия с офисными приложениями, работы с базами данных и прочих сложных задач. VBS-сценарий — это обычный текстовый файл с расширением *.vbs, который легко править в блокноте, а запускать на исполнение — двойным щелчком мыши или вызовом по имени в консоли. Сценарии не компилируются, а интерпретируются. То есть для обработки скрипта в системе должен присутствовать интерпретатор языка VBS, и таких интерпретаторов в Windows два: оконный WScript и консольный CScript, оба интерпретатора это Windows Script Host (WSH).

К достоинствам этого подхода можно отнести устойчивость работы и большое количество справочной информации по использованию этого инструмента. Однако, существенным недостатком является большая сложность внедрения интерпретирующего компонента (Windows Script Host) в существующее приложение, а также платная политика использования данного инструментария.

3) Реализация собственных средств автоматизации в виде скриптов или макрокоманд, интерпретируемых в ПО в соответствии с прописанными инструкциями. Данный подход чем-то напоминает подход 2, но набор исполняемых инструкций сильно ограничен и ориентирован на исполнение конкретным ПО. Для реализации автоматического выполнения измерений был выбран данный подход, поскольку он является оптимальным с точки зрения временных затрат.

Еще одним направлением оптимизации программного обеспечения ЭОСНП является повышение производительности обработки экспериментальных данных. В процессе экспериментальной работы, описанной в разделе 1, выяснилось, что файлы, содержащие исходные отсчеты входных измеряемых сигналов, являются достаточно объемными вследствие большого числа сохраняемых точек. Это приводит к тому, что на обработку каждого измерения затрачивается значительное время. Замеры производительности показали, что основное время тратится не на этапе загрузки файла с жесткого диска ПК, а на этапе предварительной обработки данных и во время расчета значений твердости и модуля упругости. В первой части данного раздела отмечалась важность режима автоматизированных измерений, который позволяет увеличить производительность, то есть количество измеряемых точек. Соответственно, увеличивается и количество данных для обработки. Поэтому поиск оптимального инструментария для ускорения процесса обработки экспериментальных данных является связанной задачей.

Современные средства программирования активно используют методы обработки, при которых задействуется не один (как для большинства функций по умолчанию), а несколько ядер или процессоров, входящих в аппаратное обеспечение персонального компьютера. Для такой работы применяются специализированные программные средства, которые должны быть совместимы с используемыми средствами разработки ПО. В рамках выполнения работ по корректировке и доработке ПО были выбраны такие средства, организованы дополнительные инструменты обработки. Разработанные ранее алгоритмы обработки были адаптированы для использования в составе с алгоритмами параллельных вычислений, без изменения непосредственно алгоритма расчета целевых показателей (твердости и модуля упругости).

Две данных функции – автоматизированный запуск измерений и параллельная обработка экспериментальных данных – были реализованы в

виде программных блоков, которые были интегрированы в программное обеспечение ЭОСНП, разработанное на предыдущих этапах работа по ПНИ.

Дополнительная программная документация на соответствующие элементы ПО приведена в Приложении Г.

2.4 Методические аспекты измерения шероховатости

Вопросы измерения шероховатости регламентированы ГОСТ 8.296-78, методики калибровки измерительного оборудования в ГОСТ 8.593-2009 и ГОСТ Р 8.651 – 2009, описание стандартных мер шероховатости в ГОСТ 8.591-2009 и ГОСТ Р 8.628-2007. Российские ГОСТы гармонизированы с зарубежными, в частности с ISO 5438-1:2000. Разрабатываемое устройство ЭОСНП должно иметь возможность осуществлять измерения шероховатости в соответствии с существующими ГОСТами. Однако в силу ряда специфических конструктивных особенностей и технических возможностей ЭОСНП было необходимо выполнить ряд экспериментальных исследований для проверки адекватности получаемой с использованием ЭОСНП информации и адаптации стандартизованных методик к возможностям ЭОСНП. Работы по данному направлению осуществлялись соисполнителем работы по ПНИ – Московским Институтом Электронной Техники (МИЭТ). Работа имела название: «Разработка методик калибровки и поверки специализированного нанотвердомера-профилометра при измерении линейных размеров и параметров шероховатости профилей исследуемых поверхностей». Прделанная соисполнителем работа продемонстрировала реализуемость измерений в соответствии с ГОСТом и ИСО на ЭОСНП.

Для выполнения поставленной задачи соисполнителем были проведены следующие работы:

- аналитический обзор стандартизованных методов калибровки и аттестации средств измерений линейных размеров и параметров шероховатости, внесенных в государственный реестр СИ РФ;

- выбор из числа применяемых для этих измерений средств и методик контроля параметров профилометров мер шероховатости оптимальных для калибровки специализированного нанотвердомера-профилометра;

- исследование тестовых структур и мер шероховатости серий TGZ и ПРО-10 на различном измерительном оборудовании, включая профилометр Профи 130 и лазерно-зондовую сканирующую систему ЛЗСС60;

- использование стенда для обеспечения микроперемещений совместно с ЭОСНП;

- выполнение серии экспериментов по измерениям тестовых профилей ряда мер шероховатости выбранными методиками на специализированном нанотвердомере-профилометре, с последующей реализацией калибровки и поверки ЭОСНП;

- исследование динамических мер шероховатости, реализуемых с использованием нанопозиционера и контроллера управляющего динамическими линейными мерами на основе пьезокерамических стеков;

- анализ и обобщение полученных экспериментальных результатов с установлением соответствия полученных данных параметрам мер шероховатости и требованиям ТЗ на ПНИ;

- выбор в соответствии с ТЗ на ПНИ следующих мер для калибровки и поверки ЭОСНП: TGZ02 и ПРО-10, мера № Т1.02.03.

Результатом проделанной работы стала разработка, тестирование и утверждение методик калибровки и поверки специализированного нанотвердомера-профилометра при измерении линейных размеров и параметров шероховатости профилей. Разработанные методики приведены в Приложении Б.

При выполнении перечисленного круга работ было использовано следующее спецоборудование:

- специализированный испытательный стенд для тарировки микроперемещений ТНК.уРТ016-35;

- контроллер управления динамическими линейными мерами на основе пьезокерамических стеков модели УПДМ.150-USB.

Испытательный стенд ТНК.uPT016-35 предназначен для калибровки систем регистрации перемещений образцов в различных диапазонах и направлениях при проведении исследований физико-механических свойств и параметров рельефа с помощью профилометров и нанотвердомеров. Специальная компоновка стенда позволяет с высокой точностью контролировать перемещения измерительного датчика применяемого прибора относительно исследуемой поверхности образца. Высокие показатели жесткости конструкции помогают минимизировать погрешность при проведении механических испытаний в диапазоне нагрузок до 50 мН. Малые величины отклонения от прямолинейного движения при позиционировании вдоль каждой из осей обеспечивают высокое качество и минимальные погрешности при использовании стенда для измерения профилограмм.

Контроллер управления динамическими линейными мерами на основе пьезокерамических стеков УПДМ.150-USB предназначен для подачи напряжения и съема данных о перемещении исполнительных устройств на основе пьезокерамических стеков, применяемых в качестве динамических мер для калибровки линейных перемещений в субмикрометровом и нанометровом диапазонах. Управление режимами работы контроллера выполняется с помощью персонального компьютера. В контроллере предусмотрено несколько разновидностей профилей развертки выходного напряжения, что позволяет применять его для работы с различными измерительными приборами, в том числе, такими как сканирующие зондовые микроскопы, нанотвердомеры и профилометры. Высокое быстродействие и разрядность цифровых линий управления позволяют достигать точности позиционирования исполнительных устройств, достаточной для работы в нанометровых диапазонах линейных смещений. Контроллер совместим с операционными системами Windows 7/8.

Данный контроллер использовался для отработки режимов профилирования в широком диапазоне значений шероховатости и скорости сканирования поверхности, а также измерений изменяющейся во времени шероховатости.

Полученные результаты указывают на перспективность использования динамических линейных мер шероховатости при изготовлении и настройке ЭОСНП. Однако в условиях промышленного и лабораторного применения ЭОСНП его регулярную калибровку целесообразно проводить с использованием внесенных в Госреестр СИ мер шероховатости.

Результаты и выводы раздела

По результатам корректировки и оптимизации конструкции ЭОСНП подана заявка на патент на полезную модель «Устройство для измерения механических свойств материалов» (регистрационный номер в ФИПС 2016121649 от 01.06.2016). В соответствии с пунктом 5.2 Технического задания проведены дополнительные патентные исследования. Отчёт о дополнительных патентных исследованиях приведён в Приложении А.

Проведенные испытания экспериментального образца специализированного нанотвердомера-профилометра подтвердили его работоспособность во всех предусмотренных ТЗ режимах и соответствие требуемым техническим характеристикам. Выявленные недостатки носят локальный характер и, по сути, являются не недостатками, а способами улучшения метрологических характеристик прибора и программного обеспечения.

Произведена корректировка эскизной конструкторской документации программного обеспечения. Предложенные конструктивные улучшения будут учтены при выполнении дальнейших работ по изготовлению специализированного нанотвердомера-профилометра. Выявленные возможности улучшения ПО реализованы, и откорректированное ПО

используется при работе с экспериментальным образцом специализированного нанотвердомера-профилометра.

Целью работы Соисполнителя, Московского Института Электронной Техники (МИЭТ), на данном этапе работ являлась разработка методик поверки ЭОСНП, учитывающих специфику данного изделия и область его применения. Для выполнения данной работы было проведено сопоставление различных методов измерения и мер шероховатости, проведено экспериментальное исследование процессов измерения шероховатости и разработана методика поверки ЭОСНП. Текст методики приведен в Приложении Б.

Полученные в разделе результаты соответствуют задачам п. 4.2 ПГ и п. 3.20 ТЗ.

3. Обзор имеющегося парка приборов для измерения твердости конструкционных материалов и формирование рекламной стратегии вывода на рынок нового специализированного нанотвердомера-профилометра

3.1 Основные понятия и определения, используемые при формировании рекламной стратегии

Основной целью рекламы, как составной части маркетинга, является возможность избирательного воздействия на потребителя, конечной целью которого является побуждение к приобретению товара или услуги. Реклама научного приборостроения имеет свои специфические особенности и каналы распространения. Однако научный прибор, как и любой другой товар должен быть продан и в этом плане к маркетингу ЭОСНП во многом применимы общие принципы торговли. Несмотря на разнообразие возможных вариантов, можно выделить ряд важных общих конструктивных черт, присущих рекламе как функции маркетинга [4]:

Информация – при любом рассмотрении реклама ключевым аспектом такого понятия как реклама можно назвать информацию. Система данных, лежащая в ее основе, несет определенный объем сведений о конкретном рекламируемом предмете;

Предмет рекламы – то, что рекламируется, или то, информация о чем и составляет содержание рекламы;

Объект рекламы – конкретный потребитель или группа потребителей, на которого направлена реклама определенного предмета с учетом их заинтересованности;

Воздействие – существенным отличием рекламы от других видов информации является то, что она обращена к мыслительному и чувственному восприятию потребителя одновременно. Оказывая влияние на ум и в то же самое время на эмоции потребителя как раз и можно побудить его к

совершению действий по приобретению товаров или услуг конкретного производителя либо продавца и т. [5].

Использование средств массовой коммуникации – сообщение рекламного характера должно быть доведено до сведения многих из тех, кто является объектом рекламы.

Контролируемость – вследствие того, что реклама целиком и полностью согласовывается с заказчиком и выходит в свет только после его одобрения, то реклама полностью исключает все, что не отвечает требованиям заказчика. На примерах, приведенных ниже, можно убедиться в том, какие рекламные средства, формы и методы рекламного воздействия на потенциальных потребителей являются наиболее распространенными и эффективными.

Реклама может быть представлена в прессе: в газетах, в журналах, являющихся массовым источником информации, либо в специальных (отраслевых) журналах, в фирменных бюллетенях (журналах), а также в разнообразных справочниках [6-7].

Еще одним видом рекламы является реклама на радио.

В последнее время широко распространенной стала реклама в сети Интернет.

Экранная реклама – на киноэкране, по телевидению, в слайд-проекции, а также на видео- и полиэкранных носителях различного технического назначения.

Наружная реклама. Преимущественно, наружная реклама представляет собой один из следующих видов: крупногабаритные плакаты (склеенные из листов малого размера или рисованные художником на большом планшете), мультитеlevisionные носители (три или четыре изображения на трех-четырёхгранных призмах, синхронно вращаемых электродвигателем), электрифицированные (или газосветное) панно с неподвижными или бегущими надписями, пространственные конструкции для размещения плакатов малого (обычного) размера в нескольких

плоскостях, свободно стоящие витрины с товарами и многие другие формы [8].

Почтовая рекламная продукция («директ-мейл»), как подвид прямой рекламы, занимает определенное место в спектре рекламных носителей. Рекламные материалы могут распространяться и лично в виде вручаемых информационных писем, листовок и т.д.

Реклама на транспорте, в том числе надписи на внешних поверхностях транспортных средств, напечатанные объявления, расклеиваемые в салонах транспортных средств, а также товары, размещаемые в витринах на вокзалах, в аэропортах, или в иных помещениях (на терминалах, станциях).

В качестве печатной рекламы, включающей в себя большое многообразие проспектов, каталогов, буклетов, плакатов, листовок, открыток, календарей и других форм.

Места продажи также могут быть приспособлены не только для продажи, но и для рекламирования товаров. Например, предметы, размещаемые в витринах (наружных и внутренних) магазинов, вывески, имеющиеся у торговых точек, знаки, планшеты в торговом зале [9]. Отдельно можно отметить то, что производители (или продавцы) акцентируют внимание на всевозможных видах упаковки (коробках, футлярах, бумаге, клеящей ленте и т.п. с нанесенным названием и/или товарным знаком).

Авторучками, папками, зажигалками, линейками и другими видами сувениров могут быть представлены малые формы рекламы.

Фирменный стиль – одна из основных черт, которые рекламодатель вносит в рекламируемый товар [10]. Фирменный стиль заключается в тщательно продуманной и выполненной цветовой гамме, графических, словесных, типографических, дизайнерских постоянных элементов (констант), которые направлены не только на создание визуального и смыслового единства товаров (услуг), но и всего информационного потока, исходящего от фирмы (в том числе оформления, как внутреннего, так и внешнего). В большинстве случаев, основная часть фирменного стиля

представляется фирменным блоком и товарным знаком. Оптимизация рекламной деятельности, повышение эффективности и улучшение запоминаемости товаров и услуг – это то, на что направлено создание и применение элементов фирменного стиля. Быстрая и выгодная продажа товаров и услуг – главная цель менеджмента в рекламном бизнесе, достижение которой является первоочередной задачей.

Представляется возможным одновременно выделить следующие три подзадачи рекламной кампании [11]:

- аттрактивная – привлечение внимания потенциальных потребителей к рекламируемым товарам или услугам, либо самой фирме-рекламодателю;

- доверительно-имиджевая – побуждение к покупке путем формирования положительного отношения к фирме или ее товарам и услугам;

- аргументационно-гарантийная – доказательство того, что рекламируемый товар должен быть выбран с помощью приведения убедительных аргументов и гарантий.

Двумя группами функций, выделяемых в рекламном менеджменте, являются общая и специфическая функции. Первая – универсальная, включающая планирование, организацию, координацию, контроль и стимулирование. Вторая категория функций основывается на конкретных характеристиках объекта управления, то есть рекламной деятельности (рекламы или ее кампании). Специальными функциями можно назвать: экономическую, информационную, коммуникативную, а также функцию стимулирования и регулирования сбыта [12].

Как уже было оговорено ранее, первостепенной задачей создания контроля над рекламной кампанией является функция планирования. В ней могут быть выделены следующие этапы:

Определение целей [13]. На данном этапе могут быть выделены две стадии. Первая стадия характеризуется тем, в ходе нее происходит определение задач рекламы для организации. В течение второй стадии

выделяется рекламная цель – исследуется аспект продвижения товара – выбираются средства и действия по определению маркетинговой задачи предприятия и достижения возрастания уровня продаж. Одновременно с этим происходит определение главного назначения рекламы или всей рекламной кампании, в том числе привлечение внимания потребителей к имиджевой рекламе, а также стремление к тому, чтобы они поверили в то, что является содержанием рекламы, становится основной ее целью.

Определение рыночного сегмента. В ходе планирования рекламной кампании должно четко удовлетворяться требование к адресности рекламы. Таким образом, контингент потенциальных покупателей товара или услуги, на который направлена деятельность фирмы, должен явно прослеживаться [14].

Выбор основной темы рекламы. Ключевыми критериями при выборе темы рекламы являются ее привлекательность и понятность для потребителя. Первое требование достигается следующими средствами: созданием эффективного заглавия, благозвучного слогана [15]. Второе требование задается в соответствии с масштабом рекламы. Краткость изложения – одно из достоинств хорошего рекламного материала, однако при этом не должна страдать содержательность, то есть главные сведения о товаре или услуге обязательно должны быть отражены.

Выбор средства распространения рекламы [16-18]. К основополагающим факторам для выбора способа распространения рекламы относится способность просто и быстро заинтересовать целевую аудиторию потребителей. Сопоставление потребительских характеристик целевой аудитории с возможностями взаимодействия с ними при помощи каналов распространения может быть ключевым фактором в ходе формирования средств распространения рекламы. Следующие характеристики являются важнейшими:

- наибольший охват аудитории;

- донесение сообщений до руководящих работников различных организаций;

- разумные затраты на размещение рекламы.

Проблемой, при том, одной из самых трудных, с которой сталкивается рекламный менеджмент, представляется планирование рекламного бюджета. Среди методов планирования рекламного бюджета можно выделить некоторые, вносящие наиболее значительный вклад. Для одних базой являются формальные признаки, не учитывающие маркетинговые задачи предприятия, для других – сущностных – цели и задачи маркетинговой деятельности предприятия. Формальные методы, если рассматривать их с точки зрения сложности и трудоемкости, отличаются простотой в обращении, а сущностные могут быть осуществлены с помощью высокопрофессиональных специалистов, проводящих расчет. Широкой известностью среди методов расчета рекламного бюджета пользуются методы: процента, метод возможностей, паритетный метод, метод целей и задач.

Аспекты, выделяемые в организационной (в том числе координационной) функции рекламного менеджмента, могут быть разделены на два. Первый представляет собой управление созданием рекламных материалов. Второй включает координацию организации и проведения рекламной кампании, содержащий помимо «чистой рекламы» критерии средств ее размещения, управление различными видами рекламирования в общей системе: количество, объем, действий по достижению ключевой цели всего рекламного процесса.

Большим числом факторов, объединяемых для удобства в несколько групп, можно оценить эффективность рекламы [19, 20].

- группа, различающая текст рекламы, его содержательные характеристики, иллюстративные моменты;

- группа, отражающая художественное оформление: шрифт, графика, использование цветов и красок;

- группа, рассматривающая технологию изготовления рекламы: эскиз, макет, оригинал объявления.

Отдельные элементы рекламы в ходе проведения рекламной кампании должны находиться под контролем в течение всего времени, вне зависимости от локализации внутри географии охвата, а также удовлетворять целям, поставленным задачам, способам их решения.

Функция контроля и оценки в управлении рекламной кампанией
Процесс разработки и осуществления рекламной кампании определяют три основополагающих функции: планирование, организация и координация. Принимая во внимание специфику данного вида менеджмента, рассмотрение функции контроля стоит проводить одновременно с действиями по оценке эффективности всей кампании. Поскольку именно такой подход приводит к достижению всех поставленных фирмой маркетинговых и рекламных целей [21, 22].

Исследователи сошлись на мнении, что следующие параметры дают наилучший результат при оценке эффективности рекламной кампании:

- обеспечение целенаправленного распространения информации, даже если у торгового персонала нет возможности войти в непосредственный контакт с потенциальными потребителями;

- снижение себестоимости продукции при одновременном расширении возможностей ее сбыта;

- информирование людей о наличии определенных товаров и услуг, способствующее увеличению продаж;

- расширение круга потенциальных и реальных потребителей товаров определенной марки.

Разрабатываемая рекламная кампания не теряет эффективности, этот процесс хорошо организован и проводится строго в соответствии с заданной целью. Выбор главных целей рекламы, а также расстановка приоритетов в

очередности ее задач – звенья одной цепочки, создаваемые на начальном этапе рекламной кампании.

Исходя из написанного выше, рекламная кампания представляет собой ряд рекламных мероприятий, объединенных одной целью (целями), характеризующихся определенным периодом и продолжительностью времени. Распределение во времени должно быть сформировано так, чтобы одно рекламное мероприятие дополняло другое.

Согласно данным литературы, рекламную кампанию стоит проводить согласно следующему плану:

- определить «портрет» целевой аудитории покупателей;
- определить цели рекламной кампании;
- определить основную идею рекламной кампании;
- выбрать формы размещения рекламы;
- определить наиболее оптимальные сроки размещения рекламных мероприятий относительно друг друга во времени;
- подсчитать возможные расходы на рекламную кампанию;
- сравнить полученную сумму с той суммой, которую организация может выделить на ее проведение;
- составить развернутый план рекламной кампании;
- разработать все элементы рекламной кампании;
- проверить возможную эффективность выбранной цели, идеи, элементов рекламной кампании;
- при необходимости уточнить, изменить элементы рекламной кампании;
- организовать работу фирмы во время рекламной кампании;
- подвести итоги рекламной кампании.

Подводя итог вышесказанного, организация рекламной кампании начинается с создания четкого плана, в котором отражается тесная связь рекламы с товаром или услугой, маркетингом, психологией и многим

другим. Нормативным актом в сфере рекламы является Федеральный закон [23].

Как заявляют авторитетные источники в области рекламного менеджмента, эффективное управление рекламой и соответственно осуществление планов организации определяются [24]:

- качеством подготовки образцов и вспомогательных средств;
- рассылкой сведений о новом товаре или услуге в деловую прессу;
- оформлением материала для средств массовой коммуникации: содержание рекламы, текстовые наброски, фотографии, исторические справки об организации;
- организацией пресс-конференций;
- составлением графика рекламирования и выставочных мероприятий;
- прямой рассылкой рекламных материалов;
- публикацией информации, аналитических и обзорных статей, очерков, рассказов о новом товаре или услуге в соответствующих средствах массовой информации.

Следующим вопросам при разработке стратегии рекламной кампании должно уделяться особое внимание:

- краткая характеристика роли стратегии в менеджменте предприятия, фирмы, корпорации;
- характеристика основных положений и специфика стратегии рекламного менеджмента организации;
- подробная характеристика рекламной стратегии на примере конкретной организации.

Формулировка рекламной стратегии в письменной форме представляет собой неотъемлемую часть любого рекламного плана. В случае ее отсутствия не может быть проведен анализ логики и последовательности рекомендованного рекламного графика.

Зачастую, указание типов рекламных средств (вместе с областью их применения), а также аргументированность сделанного выбора должны быть

включены в описание стратегии. Начало описания должно включать в себя краткое определение аудитории, на которую направлена рекламная кампания, приоритетные направления работы с ней. При грамотном подходе нужно указывать конкретные планируемые уровни охвата, периодичность и непрерывность. Неотъемлемой частью рекламной стратегии является определение характера рекламного сообщения, и разбивка по различным рекламным средствам, планируемым к использованию за период рекламной кампании. Должен быть спланирован бюджет на каждое из них, затраты на производство и необходимые материалы. Кроме того, необходимо указать планируемый объем и продолжительность рекламного объявления вместе с техническими возможностями и соображениями времени, а также бюджетные ограничения [25].

Когда заканчивается этап выработки рекламной стратегии, наступает черед решения задач по подбору конкретных рекламных инструментов и составлению графика их использования.

Среди особенностей осуществления рекламной стратегии можно выделить необходимость рассмотрения каждой ее составляющей, то есть конкретной рекламы, как одного из целой серии обращений, адресованных одним и тем же лицам. Исходя из вышесказанного, необходимо хорошо ориентироваться в адресности всей рекламной кампании. Конкретная реклама – это лишь деятельность, являющаяся составной частью большой рекламной кампании. Выделение основной тематики рекламной стратегии и дальнейшее следование ей – хороший способ ведения эффективной рекламной кампании. Здесь речь идет о стратегии повторяемости рекламы, которая заключается в постоянном напоминании потенциальным потребителям о своем товаре, услуге или имени, что важно для конечной цели рекламной стратегии – завоевания широкого рынка или своего сегмента потребителя на нем [26].

3.2 Рекламная стратегия вывода на рынок нового специализированного нанотвердомера-профилометра

3.2.1 Описание специализированного нанотвердомера-профилометра

Специализированный нанотвердомер-профилометр предназначен для обеспечения возможности контроля с нанометровым пространственным разрешением нанощероховатости, твердости и модуля упругости внутренних поверхностей открытых или глухих каналов в узлах и агрегатах изделий и механизмов, применяемых в машиностроительной и авиакосмической отраслях.

Специализированный нанотвердомер-профилометр позволяет проводить измерение физико-механических свойств поверхности внутри сквозных или глухих каналов диаметром 9 мм и более, на удалении от входного отверстия канала не более 2000 мм. Управление прибором осуществляется с помощью персонального компьютера, оснащенного операционной системой Windows, все результаты исследований сохраняются в цифровом виде на жестком диске персонального компьютера.

Методики контроля модуля упругости (Юнга), твердости и параметров нанощероховатости на внутренних поверхностях, на глубинах существенно превышающих входной диаметр сквозных или глухих каналов, а также размер входных отверстий рабочих полостей и криволинейных каналов обеспечивают измерение параметров нанощероховатости методом полуконтактной сканирующей зондовой микроскопии, измерение твердости методом склерометрии или инструментального индентирования, и измерение модуля упругости (Юнга) методом силовой спектроскопии или инструментального индентирования. Кроме того предусмотрена процедура измерения отношения твердости к модулю упругости методом силовой спектроскопии.

Основная область применения результатов ПНИ: транспортное машиностроение (авиа-, авто-, судостроение, системы перекачки нефти и

газа и т.д.). Разрабатываемые устройства могут применяться для целей контроля параметров металлов, сплавов, модификаторов и лигатур с повышенными конструкционными и функциональными свойствами, материалов с повышенной механической прочностью и химической стойкостью для различных видов транспорта, в том числе для авиационно-космических технологий, судо- и автомобилестроения.

Практическое внедрение приборов целесообразно осуществлять в виде контрольно-измерительной аппаратуры, адаптированной к применению на перечисленных выше объектах с целью диагностики их состояния как на стадиях внедрения новых технологических процессов различной обработки поверхностей (нанесение функциональных покрытий различного назначения – износостойких, антифрикционных, защитных), так и на стадиях эксплуатации с целью определения или прогнозирования их ресурса.

Контроль технологических процессов является одним из важнейших этапов отработки и внедрения новых технологий в реальном секторе экономики. В настоящее время не существует прямых методов контроля параметров рельефа и механических свойств на внутренних поверхностях каналов на достаточном удалении от входного отверстия. Как правило, оценка качества поверхностей проводится косвенным способом, либо не проводится вовсе, либо оценивается из средних параметров самого процесса модификации поверхности. Инструмент, позволяющий проводить прямые измерения, позволит получить существенно больше информации, что приведет к значительному прогрессу в развитии соответствующих технологий.

Эффект от внедрения результатов проекта проявляется через существенное повышение эффективности использования новых технологий модификации поверхностей за счет совершенствования методов диагностики их свойств, что приводит к увеличению срока службы и надежности эксплуатации узлов и агрегатов машин и механизмов в машиностроении и

авиа-космической отраслях за счет обеспечения прямых методов контроля состояния рабочих поверхностей ответственных деталей.

Далее необходим тщательный анализ конкурентной среды, который позволит определить позиции прибора на рынке измерительных приборов.

3.2.2 Обзор парка приборов для измерения твердости конструкционных материалов

В настоящее время существует ряд различных приборов, позволяющих измерять твердость. Данные приборы различаются в зависимости от способа измерения твердости, диапазонов прикладываемых нагрузок, и естественно по цене.

Нанотвердомеры и приборы, позволяющие производить измерения методом инструментального индентирования

Одними из наиболее дорогих изделий, позволяющих проводить измерения образцов в лабораторных условиях в нанометровых масштабах углублений, являются нанотвердомеры, в том числе обладающие функцией сканирования. Базовой функцией данных устройств является измерения твердости и модуля упругости методом инструментального индентирования (ISO 14577 [27]). Лидером в области производства наноинденторов является компания Hysitron (MN, USA). Флагманской моделью данной компании является прибор TI 950 Triboindenter (рисунок 85). Базовый индентирующий модуль имеет уровень шумов по силе порядка 30 нН и позволяет прикладывать нагрузки до 20 мН, модуль OmiProbe позволяет прикладывать силы до 10 Н, но имеет существенно больший уровень шума по каналу измерения силы (для 10 Н диапазона разрешение по силе обычно находится на уровне 100 мкН).



а)



б)

Рисунок 85 – а) Внешний вид прибора в защитном боксе, содержащем виброизолирующую платформу и блок электроники б) Внешний вид станины с базовым трехпластинным емкостным датчиком (three plate transducer), модулем увеличенных нагрузок (3D OmniProbe) и оптическим микроскопом высокого разрешения

Отличительной особенностью наноинденторов является их возможность измерять указанные выше характеристики (твердости и модуля упругости) локально: в рамках отдельной фазы гетерогенного вещества, или проводить измерения тонких покрытий, кроме того ряд устройств позволяет картографировать данные величины: получать их распределение по глубине, по поверхности или даже в рамках выделенного объема материала.

Метод инструментального индентирования, имеет ограничения: отталкиваясь от определения твердости в виде отношения приложенной нагрузки к проекции остаточного отпечатка, метод не принимает во внимание образование навалов или провалов после индентирования. Кроме того, в рамках данного метода предполагается, что разгрузочная кривая снимается в рамках статического индентирования. Данные предположения с разной долей точности выполняются для весьма широкого круга материалов, представляющих собой твердое состояние вещества: в ряде случаев значение твердости и модуля упругости зависит от параметров измерения: таких как скорость нагружения или время выстаивания при максимальной нагрузке. Тем не менее, не смотря на то, что данное обстоятельство предают измеряемым величинам характер экспериментальных характеристик, зависящих от множества особенностей измерительной процедуры, в ряде случаев, особенно для измерения мелких фракций вещества, исследователю сложно или невозможно найти замену данным устройствам, что обуславливает их необходимость и востребованность.

Более того, стремясь к увеличению функциональности устройств, производители наноинденторов часто расширяют возможности приборов рядом качественных или полукачественных методов и методик, так, например, в приборе TI 950 Triboindenter при наличии соответствующих опций возможны следующие измерения:

- акустическая эмиссия
- измерение проводимости контакта
- картографирование модуля упругости
- циклическое истирание поверхности
- измерение боковой нагрузки

Помимо фирмы Hysitron к наиболее заметным производителям можно отнести Keysight (прибор G200, ранее производился Agilent), Anton Paar (бывший CSM Instruments), MicroMaterials, а также Nanomechanics Inc.

Компания Anton Paar производит достаточно много приборов, способных работать в разных диапазонах прикладываемых усилий, кроме того, типичной особенностью данного прибора является использование различных измерительных головок для разных режимов измерений (так например, для индентирования и для склерометрии существуют различные измерительные модули).

Прибор Bioindenter (ВНТ) предназначен для измерений биологических образцов, то есть относительно мягких веществ (с модулем упругости до 1 кПа). Также как и в случае Three Plate Transducer компании Hysitron максимально доступное усилие составляет 20 мН, однако максимальный диапазон перемещений составляет не 5 мкм, а 100 мкм. Устройство содержит два различных датчика: для перемещения и для силы.

Отличительной особенностью прибора Ultra Nanoindentation Tester (UNHT) компании Anton Paar является практически отсутствующий эффект температурного дрейфа, что достигается рядом особенностей прибора. При измерениях используется дополнительный зонд, находящийся в контакте с поверхностью. Подобная конструкция неудобна, лимитирует минимальный размер образца, обуславливает дополнительные сложности с подводом, однако и именно она определяет упомянутый выше пренебрежительно малый температурный дрейф. По отношению к данной опорной системе происходит измерение перемещения. Кроме того, измерительная головка изготавливается из материала ZeroDur, что с учетом характеристик блока электроники обеспечивает температурный дрейф на уровне 1 ppm/°C. Прибор также содержит два независимых датчика нагрузки и перемещения и позволяет измерять усилия вплоть до 100 мН, а перемещения – до 100 мкм. Отличительной особенностью нанотвердомеров Anton Paar в частности UNHT является чрезвычайно высокая жесткость конструкции на уровне 10^8 Н/м, что обусловлено тем, что станина изготавливается из мрамора.

Прибор Nanoindentation (NHT2) работает в области более высоких нагрузок: до 500 мН, и с максимальным перемещением до 200 мкм, что

ставит это прибор в один ряд с нанотвердомером G200 (компания Keysight), прикладывающем нагрузки также до 500 мН с максимальным перемещением индентора до 500 мкм.

Наибольшими нагрузками в рассматриваемой серии приборов компании Anton Paar обладает прибор Micro Indentation Tester (МИТ). Максимальная нагрузка составляет 30 Н, максимальное перемещение – 1 мм.

Компании Hysitron и Anton Paar являются одними из крупнейших поставщиков индеторов, наряду с указанными выше производителями существуют и другие поставщики приборов, обладающими меньшим функционалом и возможностями. Цена наноиндеторов в зависимости от комплектации варьируется от нескольких десятков до нескольких сотен тысяч долларов. Верхняя оценка соответствует полноценному прибору, функционал которого соответствует уровню, необходимому для проведения научных исследований самого высокого уровня.

Согласно [28] в 2013 году объем рынка наноиндеторов составлял 25-30 млн. евро.

Существует ряд приборов, позволяющих проводить инструментальное индентирование в просвечивающих и сканирующих зондовых микроскопов. Примерами данных устройств могут служить продукты компании Hysitron: PI 8X SEM PicoIndenter, PI 95 TEM PicoIndenter, а также InSEM I производства NanomechanicsINC. Данные устройства изображены на рисунке 86.

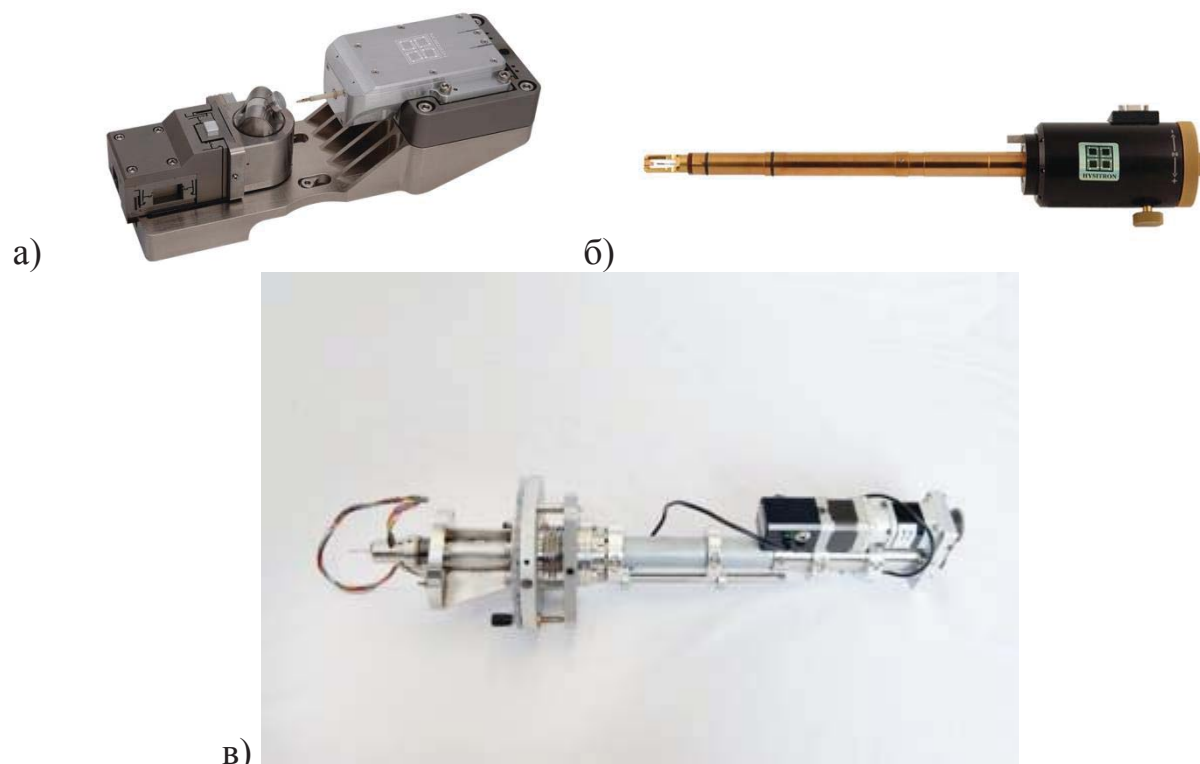


Рисунок 86 – Устройства, позволяющие проводить инструментальное индентирование в электронных микроскопах а) PI 8X SEM PicoIndenter б) PI 95 TEM PicoIndenter в) InSEM I

Стоимость данных приборов сопоставима со стоимостью обычных наноинденторов. Данная величина не публикуется открыто на сайте производителя, однако может быть найдена в иных источниках. Так согласно данным повестки дня, представленным в январе 2010 на попечительном совете Университета Иллинойса [29], стоимость Hysitron TI 950 PI-95 TriboIndenter составляла \$566,774. Как следует из названия, это стоимость соответствует наноиндентору Hysitron TI 950 и устройству для индентирования в пространстве электронного микроскопа PI 95 TEM PicoIndenter.

Приборов, использующих метод инструментального индентирования, и предназначенных для использования в условиях реального промышленного производства сегодня не производит никто в мире. Это обусловлено не только большой стоимостью такого рода устройств, но невозможностью работы таких приборов с реальными поверхностями, не прошедшими специальную обработку, гарантирующую их высокую гладкость.

Наноинденторы, оснащенные оптическим микроскопом, можно использовать для вычисления твердости по площади остаточного отпечатка, измеренной на оптическом изображении. Однако для таких целей есть устройства, в функционал которых не входит метод инструментального индентирования, и они, соответственно, не могут измерять модуль упругости. Данные устройства в зависимости от диапазона нагрузок можно условно назвать микротвердомерами или макротвердомерами, в дальнейшем они просто называются твердомерами.

Твердомеры производятся множеством компаний, к одной из лидирующих можно отнести компанию Buehler [30]. Цена таких приборов составляет порядка десяти тысяч долларов [31]. Диапазоны прикладываемых нагрузок в данных приборах меняются от грамм до тонн (от десятков мН до десятков кН). Соответственно, различаются и способы измерения твердости. Достаточно универсальным способом является измерение твердости «по Виккерсу» или «по Кнуппу», при котором твердость, так же как и при методе наноиндентирования, определяется по отношению приложенной нагрузки к площади остаточного отпечатка, однако площадь остаточного отпечатка, определяется по оптическому изображению, а в качестве индентирующего тела используется четырехгранная пирамида (с определёнными углами, различными для шкалы Кнуппа и Виккерса). Примером прибора, позволяющего производить измерения в рамках двух описанных шкал, является прибор Wilson VH3100 (рисунок 3а). Диапазон нагрузок для такого прибора (например, для Wilson VH3100) составляет от 0.05 до 100 килограмм силы (0.5-10Н). Приборы компании Buehler, как и твердомеры других компаний, также позволяют производить измерение по шкале Роквелла. В рамках данного подхода твердость определяется по разности глубин после снятия нагрузки и до ее приложения. В зависимости от типа наконечника и величины прикладываемой нагрузки различают подшкалы (А, В,С, D...). Различные модели обладают различными возможностями приложения максимальной нагрузки: от долей кН (Rockwell 574 Hardness

Tester (574S Superficial): нагрузки до 45 кг силы) до нескольких десятков кН (в универсальных приборах UH3001 Universal Hardness Testers, способных измерять твердость методами Бринелля, Виккерса и Роквелла, рис 87б.



а) Рисунок 87 – а) твердомер Wilson VH3100 б) универсальный твердомер UH3001

Среди отечественных производителей можно отметить достаточно популярный и доступный по цене прибор ПМТ-3М, общий вид которого приведен на рисунке 88 (цена ~ 150 тысяч рублей [32]). Данный прибор позволяет измерять твердость образцов по методу Виккерса.



Рисунок 88 – Микротвердомер ПМТ-3М

Для контроля твердости материалов в промышленных условиях используются ультразвуковые твердомеры (рисунок 89). Существует достаточно много производителей данных приборов (PCE Instruments, BAQ, Novotest, DMV UK, Equotip, Zwick, Phase II, General Electric, CIMETRIX, MET). Стоимость таких приборов составляет ~2000...5000\$ [33-34]. Стоимость отечественного аналога, производимого фирмой Константа, составляет около 40000 руб [35].



а)



б)

Рисунок 89 - а) Ультразвуковой твердомер MIC 10 UCI Hardness Tester компании General Electric б) Ультразвуковой твердомер MET-U1A отечественной компании MET

Важной особенностью данных приборов является их возможность осуществлять контроль только материалов с известным модулем упругости, или иначе говоря, для материалов с разным модулем упругости необходимо использовать различные калибровки (калибровочные кривые зависимости твердости от сдвига резонансной частоты). Более подробную информацию о методе можно найти в стандарте ASTM A1038 – 10a [36].

Таким образом, из проведенного обзора видно, что приборы для измерения твердости отличаются по используемым методам и по областям применения.

Основываясь на исследованиях, проведенных для всей отрасли оборудования, позволяющего измерять свойства материалов за последние годы, можно заключить, что в целом весь рынок растет медленно (~3.1% в 2011 [37]), медленно происходит и развитие технологий [38]. Ключевым регионом, приносящим прибыль производителям, является азиатско – тихоокеанский регион [38]. Вместе с тем вплоть до недавнего времени можно было отметить и некоторый интерес к российскому рынку: так согласно [39] (2013 г.) компания Indentec (часть группы Zwick/Roell) видела перспективы продаж в Калужской области, где сосредоточена значительная часть автомобильной промышленности России.

Также, основываясь на словах John Piller (Indentec), рост рынка твердомеров следует ожидать именно в области устройств, производящих измерения в микро и нано области [40]. Именно такие приборы позволяют исследовать покрытия толщиной 100 нм – 2 мкм, применяемые в оптике, автомобилестроении и электронике в настоящее время.

3.2.3 Сегментирование рынка. Выбор целевой группы воздействия

Проанализировав основных конкурентов специализированного нанотвердомера-профилометра на рынке измерительных приборов, приступим к сегментированию рынка, то есть разбивке рынка на четкие группы потребителей, для каждой из которой потенциально могут потребоваться приборы с данными функциональными возможностями. Сегментирование позволит выполнить ряд задач, а именно: более подробно изучить потенциальных потребителей и выработать лучшее предложение [41].

Рынок аналитического и измерительного оборудования состоит из покупателей, отличающихся друг от друга по самым разным параметрам. Отличие может быть в измерительных потребностях, ресурсах, исследуемых материалах, организационной форме. Любой из этих аспектов можно использовать в качестве основы для сегментирования рынка. Вместе с тем, учитывая специфику исследовательского оборудования, для сегментирования могут быть выбраны следующие критерии сегментирования [42]:

- емкость сегмента, на основании которой рассчитывается количество потенциальных покупателей, и, в соответствии с этим, требуемые мощности производства;

- каналы, по которым будет осуществляться распространение и сбыт товаров или услуг, и которые дают информацию, как сформировать сеть сбыта;

- стойкость рынка, с помощью которой можно определить в какой степени целесообразно загружать мощности компании;

- прибыльность, отражающая степень рентабельности организации на конкретном рыночном сегменте;

- совместимость рыночного сегмента с рынком главных конкурентов, на основании которой можно сделать оценку о высоком или низком потенциале конкурентов, а также решить стоит ли нести дополнительные затраты, ориентируясь на данный сегмент;

- оценка рабочего опыта определенного персонала организации (по сбыту, производству или инженерии) на определенном рыночном сегменте, а также принятие подходящих мер;

- конкурентоспособность выбранного сегмента.

Главные отличительные черты сегментирования рынка по категориям потребителей основываются на:

- географии
- демографии
- психографии

- поведенческих критериях.

Рыночный сегмент по категориям покупателей определяется на основании наличия нескольких показателей у детерминированных групп покупателей.

Главные отличительные черты сегментирования рынка по группам товаров это:

- цена
- функциональные и технические характеристики

Главные отличительные черты сегментирования рынка по конкурирующим организациям:

- это качественные характеристики товара,
- его рыночное продвижение
- цена и сбытовые каналы.

Правильный выбор самого эффективного рыночного сегмента осуществляется на основании комплексного изучения всех результатов оценки рыночного сегментирования по покупателям, товарам и конкурентам. Все эти виды сегментации являются взаимодополняющими.

Итак, проведя сегментацию рынка, мы можем точно определить целевую группу воздействия рекламной кампании и, исходя из этого, разработать оптимальные каналы распространения рекламной информации. Как показало исследование, целевую аудиторию для рекламной кампании составляют:

- инженеры на производствах;
- научные сотрудники в секторе НИИ;
- научные работники в области образования.

3.2.4 Позиционирование нанотвердомера-профилометра

Определив целевую аудиторию рекламного воздействия, проанализируем, как укрепить благоприятный имидж специализированного нанотвердомера-профилометра в выбранных сегментах и степень

информированности о нем потенциальных потребителей. Необходимо тщательно проанализировать отличительные преимущества и отвоевать у конкурентов часть потребителей. Другими словами, необходимо правильное позиционирование разработанного СНП.

Позиционирование [43] – это обеспечение четкого отличия наших приборов от приборов конкурентов, желательного места на рынке и в сознании потребителей, это своего рода создание образа в восприятии потребителей. Позиционируя СНП, мы обеспечиваем ему не вызывающее сомнения, сильно отличное от других, желательное место на рынке приборов и в сознании потенциальных потребителей.

При позиционировании необходимо четко знать, чем отличаются друг от друга приборы, предоставляемые конкурентами, и какие отличительные особенности мы дополнительно можем предложить потенциальному потребителю, чтобы он приобрел именно СНП, разработанный ФГБНУ ТИСНУМ, а не измерительное оборудование производителей-конкурентов. Необходимо выявить преимущества наших приборов и активно использовать эти преимущества в дальнейших рекламных действиях. Хороший имидж вызывает в сознании клиентов чувство хорошего качества предлагаемого товара.

Поэтому для эффективного продвижения измерительного комплекса представляется необходимым разработать вариант комплексной рекламной кампании, которая наряду с собственно рекламными средствами и формами воздействия будет использовать ПИАР-методы [44] формирования и укрепления имиджа, выставочную деятельность, формирование и закрепление в сознании потенциальных потребителей фирменного стиля СНП и перечня его уникальных возможностей.

3.2.5 Проект рекламной кампании

Как уже упоминалось в разделе «Основные понятия и определения, используемые при формировании рекламной стратегии», рекламная

кампания представляет собой ряд рекламных мероприятий, объединенных одной целью или целями, охватывающими определенный период времени и распределенных во времени так, чтобы одно мероприятие дополняло другое.

В специальной литературе описаны различные подходы к планированию и проведению рекламной кампании, применяемые с целью минимизации затрат и максимизации эффекта [45]. К ним можно отнести, в частности, политику «мерцания», когда небольшой рекламный бюджет «растягивается», и периоды рекламной активности чередуются с периодами относительной пассивности.

С нашей точки зрения, для рекламной кампании СНП наиболее оптимальным является именно «мерцающий» [46] план рекламной кампании в силу ограниченности рекламного бюджета. Размещение рекламы в специализированных периодических изданиях и на радио, распространение печатных рекламных материалов – возможные способы осуществления рекламной деятельности.

Согласно проведенному позиционированию в рамках рекламной кампании необходимо, по нашему мнению, довести до целевой аудитории следующую основную мысль. Выбирая специализированный нанотвердомер-профилометр, разработанный в ФГБНУ ТИСНУМ, потребитель выбирает:

- возможность получения данных о механических свойствах и профилях поверхностей материалов различной природы;
- широкий спектр проводимых испытаний;
- высокую скорость проведения измерений.

Эту основную рекламную идею можно обыгрывать в рекламных обращениях «с разных сторон» и в разном виде.

С нашей точки зрения, основным преимуществом рекламной кампании должна стать ее многослойность, использование наряду с чисто рекламными формами, комплекса маркетинговых коммуникаций – регулярного ПИАР-воздействия, выставочной деятельности, укрепления фирменного стиля и узнаваемости бренда.

При этом систематические усилия по организации связей с общественностью будут складываться из ПИАР-усилий организации-разработчика (ФГБНУ ТИСНУМ), ПИАР-деятельности Индустриального партнера (ООО «Позитив»), дальнейшего формирования фирменного стиля приборов и комплексных крупномасштабных акций по продвижению исследовательских возможностей нанотвердомера-профилометра. К последним могут быть причислены, например, участие в выставках, доклады на конференциях, посвященных измерению механических свойств.

Перечисленные мероприятия будут формировать благоприятный имидж прибора как эффективно работающего измерительного комплекса, способного осуществлять испытания образцов, выполненных из различных материалов, и отвечающего современным требованиям в сфере неразрушающего контроля, а также выполнять задачи исследователя, заинтересованного в получении соответствующих стандартам [27] данных. Этот имидж, уже сам по себе выполняя рекламные функции, будет служить основой, фундаментом для собственно рекламных мероприятий, проводимых отделом Исследования физико-механических свойств ФГБНУ ТИСНУМ. К ним следует причислить распространение печатной рекламной продукции, радиорекламные объявления, распространение сувенирной рекламной продукции и прочие мероприятия, которые будет далее подробно спланированы и проанализированы.

Рассмотрим перечисленные направления подробно.

ПИАР-воздействия

Для организации систематического планомерного ПИАР-воздействия на целевые аудитории общественности (потенциальных и реальных потребителей нанотвердомеров, органы местной законодательной и исполнительной власти, сотрудников СМИ, деловых партнеров, конкурентов СНП на рынке средств измерения механических свойств и т.д.) необходимо регулярно размещать информацию журналистского (не рекламного)

характера о приборе в отраслевых журналах. В периодической печати это могут быть:

аналитические статьи, например, о методах измерения механических свойств образцов;

интервью с ведущими специалистами о проблемах и перспективах отрасли;

репортажи с мероприятий, проводимых ФГБНУ ТИСНУМ;

анонсовые статьи о планирующихся событиях и акциях.

Для обеспечения этой работы необходимо систематически рассылать пресс-релизы в средства массовой информации и информационные агентства, регулярно приглашать журналистов на наиболее значимые для ФГБНУ ТИСНУМ события.

Следует отметить, что большую эффективность в плане ПИАР- и рекламного воздействия на целевые аудитории может дать серия журналистских материалов. Это прекрасная возможность привлечь к себе благосклонное внимание прессы и заинтересовать потенциальных потребителей приборов.

Оптимизация фирменного стиля

Важным для организации комплексной рекламной кампании СНП является оптимизация фирменного стиля прибора. Фирменный знак следует размещать на всех без исключения рекламных, рекламно-информационных и пр. сообщениях для обеспечения его наилучшей запоминаемости и возникновения прочных ассоциативных связей с нанотвердомером-профилометром, разработанным в ФГБНУ ТИСНУМ.

Большое значение в этой связи имеет и разработка визитных карточек, служащих средством информирования деловых партнеров и потребителей приборов. На визитной карточке должен присутствовать фирменный знак, полное название, почтовые и банковские реквизиты, краткое перечисление основных характеристик производимого прибора.

Рекламные буклеты

Важной формой рекламного воздействия на потребителей аналитического оборудования является разработка и последующее распространение рекламных буклетов с информацией о СНП. Буклеты должны быть выполнены на цветной бумаге – так они будут смотреться яркими и привлекательными, а значит, будут сразу же овладевать вниманием проходящих мимо людей, например на выставке.

Необходимо, по нашему мнению, раздавать буклеты участникам конференций и выставок, посвященных неразрушающему контролю образцов и исследованию механических свойств с целью продлить воспоминания о презентации, сообщить контактные телефоны и адреса; подробно описать возможности предлагаемого прибора. Есть шанс, что буклет увидят и коллеги потенциального потребителя. Возможно, и они заинтересуются возможностями специализированного нанотвердомера-профилометра.

Плакат-листовка

Существенное значение для рекламы прибора имеет разработка и распространение рекламного плаката-листовки. Как известно из теории рекламной деятельности, плакат представляет собой одно- или двухстороннее издание большого формата, отличающееся от других печатных изданий крайне малым количеством текста и запоминающимися иллюстрациями, несущими основную смысловую нагрузку. В отличие от него листовка, также являясь средством массового рекламного воздействия, может содержать минимум иллюстраций. Поэтому, в силу ограниченных возможностей оформления, необходимо сделать смешанную форму, своеобразную плакат-листовку, сочетающую лаконичный запоминающийся текст и некоторые иллюстративные моменты.

Плакат необходим для привлечения внимания проходящих мимо людей, поэтому его нужно печатать на цветной бумаге.

Возможные места размещения плакатов:

во время проходящих выставок;

в Научно-исследовательских институтах, занимающихся созданием конструкционных материалов и смежных отраслей

в ВУЗах, в которых обучаются студенты по специальности «Материаловедение»;

Прямая адресная рассылка рекламных материалов

Реклама в журналах

Важным представляется также размещение рекламы в отраслевых журналах и справочниках.

Существует несколько специальных изданий, включающих в себя статьи исследователей, занимающихся созданием конструкционных, новых, наноматериалов, заинтересованных в изучении их механических свойств. Например, «Наноиндустрия» и другие подобные издания. На наш взгляд, следует тщательно разработать единообразный рекламный модуль для подачи во все издания подобного рода. Такое возможно с точки зрения методики рекламного воздействия, поскольку издания такого характера входят в одну группу по медийным характеристикам, и, как следствие, требования к рекламному сообщению будут общими. Единообразие будет способствовать узнаваемости и, что самое главное, большей запоминаемости рекламного модуля СНП во всех изданиях.

Единообразный рекламный макет следует размещать в специализированных изданиях в течение, как минимум, полутора – двух месяцев для достижения необходимого уровня узнаваемости и запоминаемости [47].

Веб-сайт

Важным средством продвижения специализированного нанотвердомера-профилометра должно стать создание и продвижение сайта о специализированных нанотвердомерах-профильметрах и областях их применения. Необходимо иметь привлекательный и хорошо сделанный сайт. Основными целями и задачами рекламы прибора в сети Интернет являются:

- создание и укрепление благоприятного имиджа СНП, его функций и измерительных методик;
- сокращение издержек на печатные виды информационных и рекламных сообщений;
- доступность информации о приборе вне зависимости от каких-либо территориальных или временных ограничений;
- реализация всех возможностей представления информации (полиграфия, анимация, графика, звук).

Но сделать и поместить сайт недостаточно. Следует провести его регистрацию на поисковых серверах. Необходимое условие эффективного сайта – постоянное его обновление. Это необходимо делать для того, чтобы посетителям нравилось «заходить» на наш сайт, и тогда, возможно, они будут рассказывать о нем своим коллегам.

Чтобы заинтересовать посетителей, можно размещать на сайте новости отдела Исследования физико-механических свойств ФГБНУ ТИСНУМ, тем самым, заинтересовывая потенциальных клиентов, краткие содержания статей (либо ссылки на них), данные для которых были получены с использованием нанотвердомера.

На сайте можно также организовать форумы для посетителей, с целью уточнения интересующих потребителя вопросов.

Для достижения устойчивого рекламно-имиджевого воздействия в перспективе можно создать на сайте:

- электронную газету новостей и событий;

электронный научный журнал публикаций сотрудников ФГБНУ ТИСНУМ;

электронные интервью с ведущими специалистами и молодыми учеными.

Адреса сайта и E-mail необходимо указывать во всех документах, визитках, листовках и других элементах фирменного стиля СНП.

Выставки

Важным средством комплексной рекламной деятельности по продвижению СНП может стать участие в специализированной выставке, посвященной неразрушающему контролю (исследованию механических свойств конструкционных материалов). На наш взгляд, принимать участие надо, поскольку современная выставочная деятельность представляет собой качественный срез отрасли, в данном случае, срез рынка аналитического оборудования. В такой ситуации неучастие ФГБНУ ТИСНУМ в выставках делает ему антирекламу.

Готовиться к выставке следует начать заранее. За 2-3 месяца нужно подать заявку на участие, подготовить выставочный павильон, планшеты, раздаточный рекламный материал. Во время подготовки стенда следует принимать во внимание достаточный тираж рекламных и информационных материалов для посетителей (буклетов, визитных карточек факультета), сувенирной продукции (например, карманных календарей с фирменной символикой ФГБНУ ТИСНУМ), пресс-релизов и информационных писем для прессы и потенциальных покупателей. Кроме того, необходимо обязательно дать информацию в выставочный каталог и подготовить материал в печатные издания, посвященные выставке.

Параллельно с участием в выставке необходимо подготовить и провести т.н. Мероприятия деловой программы. Это могут быть презентации прибора в конференц-зале по заранее оговоренному с организаторами выставки графику.

Обратная связь

Укрепить результат комплексного рекламного воздействия должна эффективная организация «обратной связи». Телефон является ключевым средством службы продаж во многих сферах бизнеса. Он расширяет границы предпринимательской деятельности.

Необходимо выделить хотя бы одну телефонную линию, по которой потенциальные клиенты могли бы задать интересующие их вопросы. Отвечающий должен быть достаточно компетентен в вопросах характеристик, областях применения СНП.

Кроме того, следует проверять почтовый ящик и отвечать на электронные письма, как минимум раз в день, иначе все затраты не будут оправданы.

Поскольку массовая реклама не является адресной и может не быть воспринята потенциальным потребителем как полезная информация [48], то следующие рекламные средства для продвижения СНП являются неэффективными:

- радио
- телевидение
- реклама на транспорте
- наружная реклама
- реклама в неспециализированных печатных СМИ
- реклама на месте продажи
- сувениры.

Основным принципом рекламной кампании должно стать сочетание собственно рекламных форм с регулярным ПИАР-воздействием, выставочной деятельностью, использованием фирменной символики и логотипов. Это позволит формировать благоприятный имидж прибора. Такой имидж, уже сам по себе выполняя рекламные функции, будет служить

основой, фундаментом для собственно рекламных мероприятий ФГБНУ ТИСНУМ, проводимых в период высокой выставочной активности.

Перечисленные мероприятия позволят сформировать долговременное устойчивое предпочтение разработок ФГБНУ ТИСНУМ, и обеспечит ему прочное место на рынке уникальных материалов и приборов.

Результаты и выводы раздела

Применение рассмотренных рекламных средств в совокупности с анализом критериев сегментирования рынка позволит с высокой эффективностью находить и заинтересовывать специалистов на производствах, в научно-исследовательских институтах и учебных заведениях, деятельность которых связана с измерением механических свойств поверхностей материалов. Путем тщательно разработанной рекламной стратегии представляется возможным расширить имеющуюся клиентскую базу и укрепить положительный имидж специализированных нанотвердомеров-профилометров, разрабатываемых ФГБНУ ТИСНУМ.

Полученные результаты соответствуют задачам п. 4.3ПГ.

4. Проведение оценки РИД, полученных при выполнении ПНИ

4.1 Основные понятия и классификация подходов к оценке

По результатам исследований, проведенных на этапе 3 работ по ПНИ, подана заявка на патент на полезную модель «Устройство для измерения физико-механических свойств материалов» (регистрационный номер в ФИПС 2015150228 от 24.11.2015). На этапе 4 работ подана заявка на полезную модель «Устройство для измерения механических свойств материалов» (регистрационный номер в ФИПС 2016121649 от 01.06.2016).

Любые объекты интеллектуальной собственности (ОИС), на которые есть правоустанавливающие документы, могут быть отнесены к нематериальным активам (НМА) согласно Положению по бухгалтерскому учету «Учет нематериальных активов», утвержденному Министерством финансов РФ приказом от 16 октября 2000 года № 91н [49]. Примером такого документа, регламентирующего права, в том числе, в сфере оценки результатов интеллектуальной деятельности, можно назвать Федеральный закон от 29.07.1998 № 135-ФЗ "Об оценочной деятельности в Российской Федерации" [50]. Еще одним важным элементом являются методологии оценки объектов интеллектуальной собственности как нематериальных активов, применяемой в отечественной и международной практике. Для проведения оценки РИД должны быть соблюдены нормативные акты, действующие на территории РФ [51-53], а также соответствующие стандарты [54,55].

В настоящее время оценка стоимости ОИС осуществляется по различным методикам [56,57], однако, в условиях современной экономики применение данных методик для ряда ОИС (ноу-хау, товарный знак и др.) затруднительно из-за недостатка информации о состоянии конъюнктуры рынка. Что, в свою очередь, оказывает существенное влияние на конкурентоспособность объекта.

В России на настоящий момент основным документом, регламентирующим формирование стоимости прав на результаты интеллектуальной деятельности, являются Методические рекомендации по определению стоимости интеллектуальной собственности, утвержденные приказом Минимущества России 26.11.2002 г. № СК-4/2197 [58].

Виды стоимости

В Постановлении Правительства Российской Федерации от 6 июля 2001 г. № 519 «Об утверждении стандартов оценки» (ред. от 14.12.2006) даны основные определения видов стоимости [59]:

- *рыночная стоимость* – наиболее вероятная цена объекта оценки, по которой он может быть отчужден на открытом рынке в условиях конкуренции, когда стороны сделки действуют разумно, располагая всей необходимой информацией, а на величине цены сделки не отражаются какие-либо чрезвычайные обстоятельства;

- *стоимость объекта оценки с ограниченным рынком* – стоимость объекта оценки, продажа которого на открытом рынке невозможна или требует дополнительных затрат по сравнению с затратами, необходимыми для продажи свободно обращающихся на рынке товаров;

- *стоимость замещения объекта оценки* – сумма затрат на создание объекта, аналогичного объекту оценки в рыночных ценах, существующих на дату проведения оценки, с учетом износа объекта оценки;

- *стоимость воспроизводства объекта оценки* – сумма затрат в рыночных ценах, существующих на дату проведения оценки, на создание объекта, идентичного объекту оценки, с применением идентичных материалов и технологий, с учетом износа объекта оценки;

- *стоимость объекта оценки при существующем использовании* – стоимость объекта оценки, определяемая исходя из существующих условий и цели его использования;

- *инвестиционная стоимость объекта оценки* – стоимость объекта оценки, определяемая исходя из его доходности для конкретного лица при заданных инвестиционных целях;

- *стоимость объекта оценки для целей налогообложения* – стоимость объекта оценки, определяемая для исчисления налоговой базы и рассчитываемая в соответствии с положениями нормативных правовых актов (в том числе инвентаризационная стоимость);

- *первоначальная стоимость* – это стоимость нематериального актива, по которой он учитывается на балансе предприятия. В эту стоимость включаются затраты на создание и внедрение его в производство.

- *специальная стоимость объекта оценки* – стоимость, для определения которой в договоре об оценке или нормативном акте оговариваются условия, не включенные в понятие рыночной или иной стоимости.

Описание подходов

По причине отсутствия универсального, точного метода определения стоимости ОИС, т.к. каждый из них индивидуален, не представляется возможным создать математический алгоритм для точного расчёта стоимости рассматриваемого ОИС. В настоящее время в РФ для оценки ОИС используют американскую классификацию подходов (согласно Международным стандартам финансовой отчетности IAS 38 «Нематериальные активы» [60]), в которой различают затратный, доходный и рыночный подходы. Данные подходы могут быть основаны на различных методах расчёта. Их классификация представлена на рисунке 90.

При формировании стоимости объектов нематериальных активов необходимо учитывать перечисленные ниже возможные функции объекта оценки. Объект оценки может быть создан для следующих целей:

- включения в состав НМА организации;
- реализации юридическим и физическим лицам прав на использование результатов ИД;

- в качестве вклада в уставные капиталы хозяйственных обществ, создаваемых при бюджетных образовательных учреждениях.

Таким образом, стоимость объектов НМА определяется затратами на изготовление, приобретение, включая расходы по доведению их до состояния, пригодного к использованию [61].

Цель оценки, имеющаяся исходная информация и доступность ее получения – факторы, влияющие на выбор конкретных подходов и методик на практике.

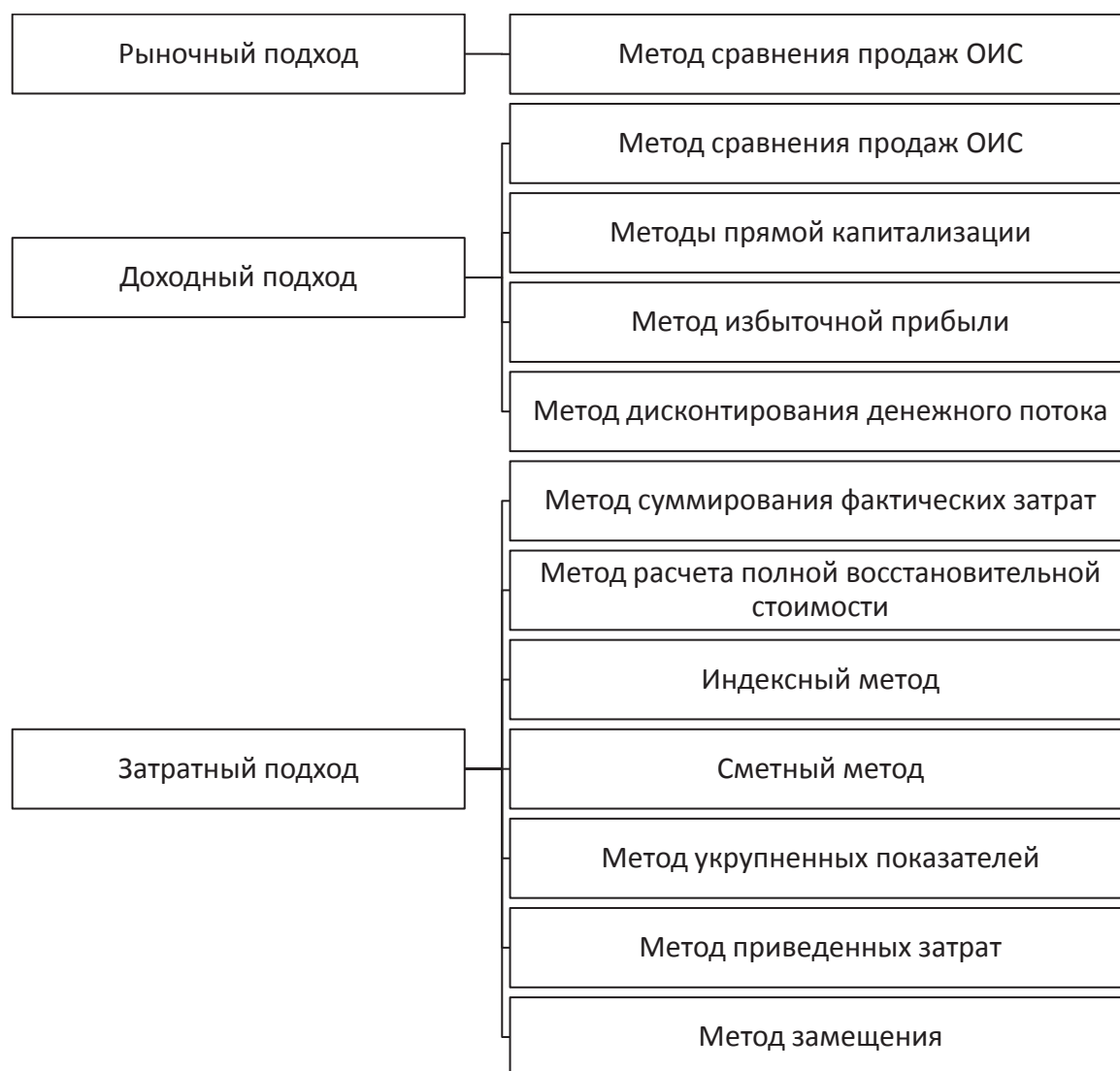


Рисунок 90 – Классификация методов оценки ОИС

Перейдем к рассмотрению подходов, включающих в себя различные методы расчета [62]. В ходе описания остановимся более подробно на

методах затратного подхода. (Обоснование выбора именно этого подхода будет приведено в следующем подразделе.)

Рыночный (сравнительный) подход основывается на сравнении свойств объекта оценки и обстоятельств совершения предполагаемой сделки, с одной стороны, со свойствами и обстоятельствами других, близких к ним по своим характеристикам объектов сделок в некоторый предшествующий период, – с другой. При этом рыночная цена формируется под влиянием спроса и предложения в условиях совершенной конкуренции как среди покупателей за доступное предложение, так и среди продавцов за удовлетворение спроса. У продавца есть только выбор – продавать или не продавать по установившейся цене, а у покупателя – покупать или не покупать.

Важным условием применения сравнительного метода является наличие активного рынка объектов сделок, сопоставимых с объектом по характеристикам, включая экономический риск и потенциал доходности использования в производственной деятельности.

Доходный подход к оценке объекта основывается на том, что плата за объект оценки составляет долю правообладателя в прибыли, которая может быть получена правопользователем в процессе его использования.

Доходный подход предполагает учет следующих условий:

- во-первых, совершение гражданско-правовой сделки с объектом оценки и последующее его использование потенциальным правопользователем рассматривается как реализация инвестиционного проекта;
- во-вторых, объект оценки рассматривается как один из факторов извлечения прибыли наряду с материальными активами, другими нематериальными активами, используемыми финансовыми средствами, усилиями по организации хозяйственной деятельности (производство, выполнение работ, оказание услуг) и предпринимательским риском.

Затратный подход к определению рыночной стоимости объекта оценки заключается в приведении скорректированных затрат на его создание к действительной дате оценки.

Иначе говоря, потенциальный правопользователь заплатит за приобретение объекта оценки сумму, которая соответствует наименьшим из скорректированных затрат на создание одного объекта.

Затратный подход - это подход к оценке, основанный на нахождении стоимости замещения или стоимости воспроизводства активов. Применительно к нематериальным активам при оценке затрат, которые были понесены на создание данного актива, а их общая сумма приравнивается к стоимости анализируемого нематериального актива. Согласно основной идее затратного подхода инвестор никогда не заплатит за актив больше, чем сумма, за которую его можно создать или приобрести в другом месте.

Затратный подход предполагает следующие методы оценки РИД:

Метод суммирования фактических затрат применяется для определения балансовой стоимости объектов НМА для постановки их на бухгалтерский учет. Обязательным условием его применения является наличие первичных бухгалтерских документов, подтверждающих фактические затраты по каждому объекту учета. Достоинство данного метода – простота расчетов. Среди его недостатков можно выделить: а) сложность выделения в учете фактических затрат по конкретным объектам НМА; б) невозможность учета рыночной ситуации на дату оценки и способность объекта приносить доход; в) несостоятельность в плане учета влияния инфляции и изменения стоимости денег во времени.

Метод суммирования фактических затрат применим к ОИС, которые создаются правообладателем. Стоимость объекта ИС в рамках данного метода определяется как:

$$C_{\text{зат}} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4,$$

где $C_{\text{зат}}$ – стоимость оцениваемого ОИС;

C_1 – затраты на создание ОИС, являются суммой фактически затраченных средств на выполнение НИР в полном объёме и разработку всех стадий технической документации, рассчитанных с учётом рентабельности;

C_2 – затраты на правовую охрану ОИС;

C_3 – затраты на маркетинговые исследования;

C_4 – затраты на доведение ОИС до промышленного использования и коммерческой реализации.

Метод расчета полной восстановительной стоимости заключается в оценке всех затрат, необходимых для воссоздания, восстановления идентичного по назначению и качеству объектов НМА. Расчеты производятся с использованием а) индексного метода; б) данных предприятий-изготовителей; в) сметного метода; г) метода укрупненных показателей.

Индексный метод предусматривает пересчет базовых цен на дату оценки. При наличии идентичных объектов в продаже на рынке на дату оценки применяется расчет стоимости по документально подтвержденным данным торгующих организаций. Поскольку РИД чаще всего являются не биржевыми товарами, то второй метод на практике не используется в полной мере.

Сметный метод предполагает составление затрат на разработку аналогичного объекта в ценах на дату оценки. В расчет включают следующие статьи затрат: заработная плата с отчислениями на социальные нужды, материалы, амортизация оборудования, накладные расходы. Сметы составляются экспертами.

Метод укрупненных показателей заключается в том, что для конкретных объектов НМА стоимость можно определить как определенный процент от суммы затрат (или стоимости товара – инновационного продукта) на создание данного конкретного объекта. В этом случае определение

величин вклада различных создателей интеллектуальной составляющей (ИС) в конкретную разработку (конечный продукт) можно решить на уровне нормативно-правового документа – Постановления Правительства РФ от 21.03.1994 г № 218.

В бухгалтерском учете данный подход не применим, так как не соответствует требованиям положения по учету нематериальных активов. Иначе говоря, данный подход не прописан в этом нормативном документе. Однако его можно рекомендовать к использованию при заключении договоров по схеме: заказчик, разработчик, производитель или заказчик-разработчик, или разработчик-производитель при определении величин стоимости услуг (работ) [63]. Научно-обоснованное получение величин – вкладов исполнителей в создаваемую (созданную) ИС возможно с использованием полномасштабных математических моделей. Однако вовлечение их в экономический оборот – дело отдаленной перспективы.

Метод приведенных затрат заключается в пересчете фактических прошлых затрат на создание и подготовку к использованию объекта НМА в текущую стоимость. Обобщенная формула для расчета текущей стоимости объекта имеет вид:

$$PV_{\text{привед.затр}} = \Sigma(R_i K_{\text{привед}}),$$

где $PV_{\text{привед.затр}}$ – текущая стоимость объекта НМА; R_i – затраты на создание объекта на дату их совершения; $K_{\text{привед}}$ – коэффициенты приведения, учитывающие изменение стоимости денег во времени и инфляцию за период с даты осуществления затрат до даты оценки. В практических расчетах учитывают все затраты, понесенные с созданием, освоением, подготовкой к использованию.

Метод замещения – расчет оценки объекта НМА строится на предположении, что покупатель не заплатит за объект оценки большую сумму, чем та, в которую обойдется получение соответствующего аналогичного по назначению и качеству объекта в обозримый период без

существенных задержек. Этот метод оценки дает объективные результаты тогда, когда можно точно оценить величину затрат на создание (приобретение) альтернативного объекта интеллектуальной собственности за счет собственных усилий покупателя или тогда, когда на рынке есть альтернативные предложения аналогичных объектов по назначению и качеству. Собственные усилия покупателя означают, что в оценку объекта НМА включается вознаграждение в пользу продавца, т.е. его величина прибыли.

В связи с тем, что нематериальные активы как вид средств хозяйствующего субъекта являются нестандартным объектом для оценки, использование данных подходов имеет свою специфику, так как разные виды нематериальных активов несут в себе разный риск и это надо учитывать при использовании соответствующего подхода к оценке.

4.2 Обоснование выбора затратного подхода к оценке РИД

Как было упомянуто выше, выбор методов оценки результатов интеллектуальной деятельности определяется целями оценки.

Одной из причин, почему для оценки РИД по созданию специализированного нанотвердомера-профилометра стоит использовать именно затратный подход, является то, что этот подход выбирается для постановки на бухгалтерский учет приобретенных, созданных в самой организации результатов интеллектуальной деятельности как объектов НМА. (Согласно ФЗ № 129 «О бухгалтерском учете», ст. 11; на основании ст. 62 Инструкции по применению Единого плана счетов для бюджетных учреждений). Ниже описаны несколько преимуществ затратного подхода в целом, и в частности перед рыночным и доходным подходами.

Использование затратного подхода является эффективным и зачастую единственно возможным в случае, если сложно оценить ОИС с позиции доходности или проблематично подобрать объекты-аналоги, поскольку затратный подход, предусматривающий определение затрат на создание,

охрану, производство и реализацию ОИС, одновременно с этим учитывает его износ на момент оценки [64]. Эти факторы играют важнейшую роль в случае оценки объектов собственной разработки, уникального оборудования и оборудования, изготовленного по индивидуальному заказу.

Затратный метод заключается в расчете затрат на воспроизводство оцениваемых ОИС в текущих ценах за вычетом износа. При использовании данного метода проводятся следующие работы:

- выявляются все фактические затраты, связанные с созданием, приобретением или введением в действие ОИС;
- корректируются затраты на величину индекса цен на дату оценки;
- определяется начисленная амортизация ОИС;
- стоимость ОИС определяется как разница между скорректированной величиной затрат и начисленной амортизацией.

Затратный подход не является таким же универсальным, как два других общепринятых подхода. Многие важнейшие факторы, влияющие на стоимость актива, не имеют прямого отражения в методологии затратного подхода и должны рассматриваться вне основного процесса оценки. Затратный подход не подразумевает прямого учета экономических выгод, связанных с наличием прав на объект оценки. Эти выгоды определяются спросом на товар или услугу и возможной прибылью.

Затратный подход не учитывает информацию об изменении экономических выгод. НМА, экономические выгоды, от которых растут, могут оцениваться намного выше, чем те, выгоды от которых сокращаются. Эти изменения зависят от социальных условий, демографической ситуации и конкурентных сил, однако затратный подход не отражает влияния этих факторов на стоимость собственности.

Еще одним фактором, который не учитывается напрямую, но значительно влияет на стоимость, является период действия экономических выгод. Остаточный экономический срок службы объекта – важнейший компонент оценки.

В рамках затратного подхода риск, связанный с получением ожидаемых экономических выгод, напрямую не учитывается. Однако высокая степень риска делает прогнозы более осторожными, соответственно, снижается и оценочная стоимость НМА.

Корректировки, необходимые для учета устаревания актива, должны быть рассчитаны отдельно, и выразить их количественно зачастую бывает трудно. Права владельца НМА обычно затрудняют или даже делают невозможным воссоздание технологии для ее свободного использования в коммерческих целях. Это обуславливает необходимость привлечения дополнительных инвестиций и других ресурсов, а также задержку во времени и общий риск, связанный с проектом.

Непосредственное применение затратного подхода связано с использованием методов воспроизводства и замещения. По своей сути данные методы одинаковы для всех активов как материальных, так и нематериальных, вопрос заключается в том, какие учитывать затраты и как считать обесценение.

В связи с уникальностью и специфичностью большинства НМА, Оценщик должен использовать в рамках затратного подхода метод воспроизводства. Метод замещения возможен только при наличии экспертного мнения о затратах, необходимых на разработку аналогичных активов в современных условиях, или в ситуации, когда анализ исторических затрат на создание актива позволяет точно идентифицировать избыточные затраты и произвести уточненный расчет [65].

Затратный подход включает в себя совокупность методов оценки НМА, основанных на расчёте затрат, необходимых для воспроизводства или замещения объекта НМА за вычетом стоимости его износа.

Оценка затратным подходом, как уже было отмечено, состоит в том, чтобы определить то количество средств, которые необходимо потратить, чтобы получить объект, совпадающий по своим характеристикам с имеющимся.

Эта стоимость представляет собой восстановительную стоимость, которая делится на стоимость замещения и стоимость воспроизводства.

Затраты на воспроизводство – это затраты, оцененные в ценах на дату оценки, которые необходимы для создания точного аналога или копии объекта оценки с использованием таких же технологий, материалов, оборудования, производственных стандартов качества, как и при создании оцениваемого НМА. Воспроизведенный НМА будет иметь такие же недостатки, избыточные достоинства и будет характеризоваться такой же степенью устаревания, как и оцениваемый НМА.

Затраты на замещение – это затраты, оцененные в текущих на дату оценки ценах, необходимые для создания НМА, обладающего полезностью, эквивалентной полезности объекта оценки, с использованием современных технологий, стандартов и т.д. Замещающий актив не будет включать все устранимые недостатки, избыточные достоинства и устаревание, присутствующие в оцениваемом НМА.

Два этих вида стоимости отличаются друг от друга тем, что стоимость замещения - стоимость создания абсолютно идентичного объекта, а стоимость воспроизводства - стоимость создания аналогичного объекта [66]. В связи с этим стоит отметить, что зачастую экономисты не видят разницы между методом стоимости замещения и методом восстановительной стоимости. Однако разница состоит в том, что стоимость замещения основывается на рыночной оценке идентичного НМА, а восстановительная стоимость - на исторической стоимости фактических затрат (с учетом амортизации) при создании аналогичного НМА.

Методы затратного подхода используются преимущественно для целей инвентаризации созданных или приобретенных ОИС, балансового учёта в активах организации, а также для определения минимальной цены лицензии на передачу прав использования оцениваемого РИД [67,68].

Согласно правилам бухгалтерского учета затраты на опытно-конструкторские разработки признаются активом если соответствуют следующим критериям:

- продукт или процесс четко определен, а затраты, относящиеся к ним, чётко установлены и надёжно измерены;
- техническая воспроизводимость продукта или процесса;
- организация планирует производить и реализовывать продукт или технологию;
- наличие рынка для реализации продукта или технологии;
- наличие ресурсов для завершения проекта и поставки на рынок продукта или технологии.

Недостатки других подходов можно рассматривать как еще один фактор в пользу выбора затратного подхода к оценке РИД.

При использовании рыночного подхода можно выделить следующие особенности, являющиеся необходимыми для его применения:

- оцениваемый объект не должен быть уникальным;
- информация об условиях сделок должна быть исчерпывающей;
- факторы, влияющие на стоимость сравниваемых аналогов, должны быть сопоставимы.

Одновременно с этим, у рыночного подхода есть и ряд недостатков:

- игнорирование перспектив развития;
- необходимость большой базы финансовой информации не только по оцениваемому объекту, но и по аналогам;
- сложность сбора информации о реальных ценах продаж ОИС, специфических условиях сделок;
- сложные корректировки, требующие серьезного обоснования, т.к. нет абсолютно одинаковых объектов;
- зависимость от активности и стабильности рынка.

Однако его применение для оценки нематериальных активов затруднено тем, что зачастую объекты оценки являются уникальными и не имеют аналогов.

Недостатками доходного подхода являются следующие его особенности и ограничения:

- методы доходного подхода допускают внесение в анализ определённого элемента необъективности. Поскольку некоторые из этих методов довольно сложны, аналитик, ориентированный на достижение конкретной цели, может слегка подтасовать особенно чувствительные экономические переменные таким образом, чтобы иметь возможность манипулировать результатами анализа или повлиять на них иным образом;

- есть возможность совершения непреднамеренных ошибок. Это связано с тем, что эти методы часто являются сложными с аналитической точки зрения.

- возможность двойного счёта, т.е. завышение стоимости НМА. Этот недостаток легко устранить путём правильной оценки амортизационных отчислений в анализе. Иногда некоторые аналитики ошибочно недооценивают или игнорируют учёт необходимых амортизационных отчислений;

- методы доходного подхода редко подвергаются проверке на основе рыночных данных, т.к. эти методы выглядят аналитически сложными, некоторые аналитики не всегда подтверждают используемые экономические переменные эмпирическими рыночными данными. Естественно, использование прогнозных переменных, несогласованных с фактической рыночной динамикой, приводит к сомнительным аналитическим выводам независимо от того, насколько строгим или структурированным является анализ сам по себе;

Одним из недостатков считается его трудоемкость. Оценщикам необходимо спрогнозировать изменения большого количество факторов, а

это занимает много времени. Такие прогнозы достаточно субъективны и требуют профессиональной оценки. Основным же недостатком подхода выступает необходимость прогнозировать поток, который создает только оцениваемый актив. Учитывая специфику нематериальных активов, разработать прогноз достаточно сложно. Поэтому приходится делать допущения, которые позволяют из всего потока выделить поток лишь на один нематериальный актив. Это приводит к снижению достоверности результатов.

Информация о том, как приобрести и грамотно защищать право на интеллектуальную собственность, приведена в соответствующих источниках [69-71].

В соответствии с выбранным методом в рамках затратного подхода Индустриальным партнером проведена оценка разработанных при выполнении ПНИ полезных моделей. Результаты приведены в Отчете о результатах оценки РИД, полученных при выполнении ПНИ (Приложение Д).

Результаты и выводы раздела

Проведенный анализ подходов и методов оценки результатов интеллектуальной деятельности показал, что применение затратного подхода к оценке в сфере наукоемкой продукции – единственно возможный способ в силу недостатка объективной информации о состоянии конъюнктуры соответствующих сегментов рынка из-за уникальности производимого прибора. Использованный подход позволил оценить затраты на создание полезной модели и их распределение по различным статьям расходов.

Полученные результаты соответствуют задачам п. 4.4 плана-графика работ по ПНИ.

5. Закупка оборудования (материалов, комплектующих)

В рамках работ по 4 этапу индустриальным партнером (ООО «Позитив») было закуплено следующее оборудование: микротвердомер Shimadzu DUH-211S с комплектом наконечников, микротвердомер ПМТ-3М1, сканирующий зондовый микроскоп Certus Standard с комплектом держателей. Общая стоимость оборудования, закупленного индустриальным партнером на данном этапе, составила 7,0 млн. рублей.

Микротвердомер Shimadzu DUH-211S с комплектом наконечников позволяет производить измерения методом инструментального индентирования согласно ISO 14577 и ГОСТ Р 8.748-2011 различных материалов: пластиков, резин, металлов, оптических и углеродных волокон, стекол и керамик, а также других материалов, в том числе тонких покрытий. Кроме того, доступны дополнительные функции нагружения, такие как циклическое нагружение или единичное нагружение за один шаг. Диапазон реализуемых усилий составляет от 100 мкН до 2 Н при измеряемых перемещениях до 20 мкм. Необходимое усилие прикладывается за счет электромагнитного преобразователя, измерение перемещений производится дифференциальным трансформатором. Для улучшения показателей дополнительно может быть приобретена виброизолирующая платформа, производящая активное гашение колебаний в диапазоне от 0.7 до 100 Гц.

Оптический микроскоп, являющийся частью прибора, позволяет получать изображения поверхности, а также проводить измерения твердости по остаточному отпечатку. Объектив микроскопа обладает увеличением $\times 50$ (увеличение на 9'' мониторе $\times 1400$), причем может быть установлены две линзы.

Микропозиционер позволяет перемещать образец до 25 мм вдоль двух перпендикулярных осей, допустимое вертикальное расстояние – до 60 мм.

Комплект наконечников в дополнение к трехгранной пирамиде содержит инденторы Виккерса и Кнупа, позволяющие проводить измерение твердости соответствующими методами.

Микротвердомер ПМТ-3М1 предназначен для измерения твердости по остаточному отпечатку. Диапазон прикладываемых нагрузок составляет от 1 грамма силы до полукилограмма силы (~10 мН – 5 Н). Прибор предназначен для рутинного измерения различных материалов: керамик, минералов, сплавов, стекол. Измерения проводятся четырехгранной пирамидой Виккерса, однако также может быть использована пирамиды Кнупа для измерения тонких слоев и особо хрупких материалов, также дополнительно доступен индентор в форме пирамиды Берковича (входит в комплект поставки). В прибор дополнительно внесен демпфирующий элемент воздушного типа, который уменьшает случайные вибрации штока. Управление нагрузками – ручное.

Измерения остаточного отпечатка производится при помощи фотоэлектрического окулярного микрометра ФОМ-2-16, обладающего диапазоном измерения до 11 мм, основная погрешность измерения микрометра во всем диапазоне – не более 5 мкм. Измерение диагонали отпечатка также возможно проводить при помощи винтового окулярного микрометра МОВ-1-16х или МОВ-1-16. Микроскоп позволяет осуществлять просмотр испытуемого объекта в светлом и темном поле

На изделие имеется сертификат (свидетельство) об утверждении типа средств измерений, прибор допущен к применению в Российской Федерации. Микротвердомер ПМТ-3 М внесен в Государственный реестр СИ РФ.

Сканирующий зондовый микроскоп Certus Standard с комплектом держателей является базовой комплектацией сканирующего зондового микроскопа, использующего сканирующую головку Certus. Прибор позволяет проводить измерения в режиме атомно-силовой микроскопии (контактной, полуконтактной, бесконтактной, измерение поперечных сил), сканирующая туннельная микроскопия. Диапазон сканирования:

100x100x15um, остаточная нелинейность: <0.3%, для регистрации перемещения используются емкостные датчики. Разрешение прибора составляет <1 nm в латеральной плоскости и <0.1 nm вдоль вертикальной оси. Реализованная в контроллере цифровая обработка данных позволяет производить синхронное детектирование данных на частотах до 1.5 МГц, что характеризует быстроедействие данного прибора.

Входящие в состав установки три шаговых двигателя обеспечивают параллельный подвод головки к объекту сканирования, шаг двигателей составляет 1 um, диапазон грубого позиционирования образца 5x5 mm. Дополнительно присутствует микровинты для грубого позиционирования образца.

Система также оснащена оптическим микроскопом для выбора позиции сканирования. Регистрация видеоизображения производится при помощи цифровой камеры, итоговое увеличение составляет 85x/1050x, поле сканирования 4.50 / 0.37 мм.

СЗМ Certus Standard обладает модульной конфигурацией, что позволяет устанавливаться его на оптические микроскопы, модернизировать до модификаций Certus Optic и Centaur.

Документом, подтверждающим проведение данных закупок, является документ «Перечень закупленного оборудования и комплектующих в рамках Соглашения о предоставлении субсидии».

Результаты и выводы раздела

Была проведена закупка оборудования (материалов, комплектующих). Полученные результаты соответствуют задачам п. 4.5 плана-графика. Закупленное оборудование использовалось для контроля свойств образцов в рамках выполнения работ раздела 1 по анализу и систематизации экспериментальных данных в соответствии с п.4.1 плана-графика, а также при составлении обзора приборов для формирования рекламной стратегии в соответствии с п. 4.3 плана-графика.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работ, выполненных на четвертом этапе ПНИ, посвященном экспериментальным исследованиям и отработке методик, был проведен анализ и систематизация данных, полученных для разных поверхностей материалов с помощью различных методов измерения наношероховатости, твердости и модуля Юнга. Продемонстрированы результаты измерений модельных тестовых образцов, изготовленных Индустриальным партнером на предыдущем этапе работ, с помощью ЭОСНП и с применением различных реализованных на его базе измерительных методик.

Проведенные исследования показали соответствие измеряемых ЭОСНП параметров требуемым согласно ТЗ характеристикам. Вместе с тем был обнаружен ряд особенностей, в частности: методика измерения отношения твердости к квадрату модуля упругости позволяет измерять свойства материала на небольших глубинах и может быть рекомендована для измерения свойств тонких покрытий. Применение данного метода вместе с методом склерометрии позволяет измерять совокупность свойств (твердость и модуль упругости) для образцов с развитой шероховатостью. Для измерений методом индентирования на основе экспериментальных данных и теоретических представлениях о контакте индентора с образцом был продемонстрирован алгоритм вычисления твердости шероховатых образцов при наличии априорной информации о модуле упругости, показавший соответствие экспериментальных данных модельным зависимостям.

Результаты, полученные в ходе анализа и систематизации результатов измерений с помощью ЭОСНП, опубликованы в 2-х статьях в изданиях из перечня Scopus и Web of Science. В целях популяризации научных достижений, полученных в результате выполнения ПНИ, основные результаты исследований были освещены на двух мероприятиях:

Проведен анализ конструкции ЭОСНП с целью выявления недочетов и корректировки документации, электрических схем и ПО. Выявленные

недостатки носят локальный характер и, по сути, являются не недостатками, а способами улучшения метрологических характеристик прибора и программного обеспечения.

Произведена корректировка эскизной конструкторской документации и программного обеспечения. Предложенные конструктивные улучшения будут учтены при выполнении дальнейших работ по изготовлению специализированного нанотвердомера-профилометра. Выявленные возможности улучшения ПО реализованы, откорректированное ПО используется при работе с экспериментальным образцом специализированного нанотвердомера-профилометра. По результатам выявления недочетов в конструкции ЭОСНП, корректировки и оптимизации его конструкции подана заявка на патент на полезную модель «Устройство для измерения механических свойств материалов» (регистрационный номер в ФИПС 2016121649 от 01.06.2016). В соответствии с пунктом 5.2 Технического задания проведены дополнительные патентные исследования.

Индустриальным партнером проведен обзор имеющегося парка приборов для измерения твердости конструкционных материалов и формирование рекламной стратегии вывода на рынок нового специализированного нанотвердомера-профилометра. Применение рассмотренных рекламных средств в совокупности с анализом критериев сегментирования рынка позволит с высокой эффективностью находить и заинтересовывать специалистов на производствах, в научно-исследовательских институтах и учебных заведениях, деятельность которых связана с измерением механических свойств поверхностей материалов. Путем тщательно разработанной рекламной стратегии представляется возможным расширить имеющуюся клиентскую базу и укрепить положительный имидж специализированных нанотвердомеров-профилометров, разрабатываемых ФГБНУ ТИСНУМ.

Индустриальным партнером проведена оценка РИД, полученных при выполнении ПНИ. Проведенный анализ подходов и методов оценки

результатов интеллектуальной деятельности показал, что применение затратного подхода к оценке в сфере наукоемкой продукции – единственно возможный способ в силу недостатка объективной информации о состоянии конъюнктуры соответствующих сегментов рынка из-за уникальности производимого прибора. Использованный подход позволил оценить затраты на создание полезной модели и их распределение по различным статьям расходов.

Индустриальным партнером была проведена закупка оборудования (материалов, комплектующих) для обеспечения текущих работ по ПНИ.

Задачи, поставленные на отчетном периоде, решены полностью, все работы выполнены на должном уровне.

Информация о ходе выполнения ПНИ и основных результатах, полученных при выполнении проекта, размещена в Интернет на веб-сайте ФГБНУ ТИСНУМ по адресу <http://www.tisnum.ru/fcp.html>.

Результаты, полученные на данном этапе работ, будут использованы на следующих этапах прикладного научного исследования по созданию специализированного нанотвердомера-профилометра. Основной рекомендацией по использованию результатов проекта может быть поиск профильных предприятий машиностроительной и авиакосмической отрасли, заинтересованных в предоставлении образцов для отработки измерительных методик с использованием разрабатываемого ЭОСНП.

Научно-технический уровень достигнутых результатов превосходит мировые достижения в области контроля механических свойств внутренних поверхностей неразборных изделий. Аналогов у разрабатываемого специализированного нанотвердомера-профилометра на сегодня нет. Используемые физические принципы и технические подходы соответствуют современным представлениям об измерении механических свойств наноструктурированных материалов и тонких функциональных покрытий.

По результатам выполнения работ третьего этапа в первом полугодии 2016 года были достигнуты следующие индикаторы и показатели:

Объем привлеченных внебюджетных средств	7,233058 млн.руб
Число публикаций по результатам проекта в научных журналах, индексируемых в базе данных Scopus или в базе данных "Сеть науки" (WEB of Science)	2 единицы
Доля исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности исследователей-участников проекта	54,2 процентов
Число патентных заявок, поданных по результатам проекта	1 единиц

Также были достигнуты следующие показатели:

Число диссертаций на соискание ученых степеней, защищенных по результатам проекта	0 единиц
Средний возраст исследователей – участников проекта (не более)	39 лет
Количество мероприятий по демонстрации и популяризации результатов и достижений науки, в которых приняла участие и представила результаты проекта организация - исполнитель проекта	2 единицы
Число организаций, использовавших научное оборудование сети центров коллективного пользования научным оборудованием при проведении исследований и разработок в рамках мероприятия	1 единица
Количество использованных при проведении исследований и разработок в рамках проекта уникальных научных установок	1 единиц
Количество используемых при проведении исследований и разработок объектов зарубежной инфраструктуры сектора исследований и разработок	0 единиц

Таким образом, работы этапа 4 выполнены полностью и в соответствии с планом-графиком. Определены основные пути дальнейшей работы и обоснована реализуемость поставленных в ТЗ задач в сроки, установленные в Соглашении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Maslenikov I.I., Reshetov V.N., Useinov A.S. Mapping the Elastic Modulus of a Surface with a NanoScan 3D // *Instruments Exp. Tech.* 2015. Vol. 58, № 5. P. 711–717.
2. Maslenikov I.I., Reshetov V.N., Loginov B.A., Useinov A.S. Mapping of Mechanical Properties of Nanostructured Materials using a Piezoresonance Probe // *Instruments Exp. Tech.* 2015. Vol. 58, № 3. P. 438–443.
3. Oliver W.C., Pharr G.M. Measurement of hardness and elastic modulus by instrumented indentation: Advances in understanding and refinements to methodology // *J. Mater. Res.* 2004. Vol. 19, № 1. P. 3–20.
4. Азейнберг А. Менеджмент рекламы. - М.: 1993. стр. - 409с.
5. Батра Р., Майерс Д. Д., Аакер Д. А. Рекламный менеджмент: Пер. с англ. - 5-е изд. – М. и др.: Вильямс, 2001.
6. Бедулин Ю.Н. Технологии эффективных продаж рекламы в газеты.- СПб.: Питер, 2001. – 380с.
7. Бове К.Л., Аренс У.Ф. Современная реклама / Под общ. ред. О.А.Феофанова. -Тольятти: Изд. дом «Довгань», 1999.
8. Бороноева Т.А. Современный рекламный менеджмент. - М.: Аспект Пресс, 2002. – 140с.
9. Власовой В.М. Основы предпринимательской деятельности. - М.: 1996. - 360с.
10. Гольман И.А. Рекламная деятельность. - М.: Гелла-Принт, 2002. – (Рекламные технологии). – 389 с.: ил.
11. Гребенкин Ю.Ю. Психотехнологии в рекламе: Учеб. Пособие. - Новосибирск: Риф – плюс, 2000. – 214с.: ил.
12. Дихтль Е. Практический маркетинг. - М.: Центр, 1995. - 306с.
13. Имшинецкая И. Креатив в рекламе. - М.: РИП-Холдинг, 2002. – (Академия рекламы). – 172 с.: ил.

14. Калашников В. А. Словарь рыночной экономики. - М.: Центр, 1993. - 380с.
15. Карпова Б.Г. Реклама за рубежом. - М.: ЭКСМОС, 1997. - 301с.
16. Картер Г. Эффективная реклама. - М.: ЭКСМОС, 1996. - 430с.
17. Котлер. Ф. Основы маркетинга. - М.: ИМА-ПРЕСС, 1995. - 650с.
18. Маслова Т.Д. Маркетинг: пособие по подготовке к экзамену. - СПб.: Питер бук, 2001.- 224с.
19. Матанцев А. Н. Эффективность рекламы. – М.: Издательство «Финпресс», 2002.
20. Музыкант В. Л. Теория и практика современной рекламы: Учеб. Пособие для вузов по базовому курсу «Паблик рилейшнз» и «Реклама». – М.: Евраз. Регион, 2000.
21. Музыкант В.Л. Реклама и PR-технологии в бизнесе, коммерции, политике: Учеб. пособие для вузов по специальностям: реклама, паблик рилейшнз, маркетинг, журналистика. - М.: Армада-Пресс, 2001. – 686с.: ил.
22. Наймушин А. Основы организации рекламы. - М.: Лабиринт-Пресс, 1992. - 290с.
23. О рекламе: Федеральный Закон РФ от 18 июля 1995 года, № 108-ФЗ.
24. Панкратов Ф. Г., Баженов Ю. К., Серегина Т. К., Шахурин В. Г. Рекламная деятельность: Учебник для вузов – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИВЦ «Маркетинг», 2000.
25. Хруцкий В. Е., Корнеева И. В. Современный маркетинг: настольная книга по исследованию рынка: Учеб. пособие.-2-е изд; перераб. и доп.- М.: Финансы и статистика, 2002.
26. Ученова В.В. История рекламы: детство и отрочество. - М.: Смысл, 1994 – 96с.
27. ISO 14577 - 1 Metallic materials - Instrumented indentation test for hardness and materials parameters - Part 1: Test method.
28. VDI TZ 2013: Unternehmensbefragung nano. DE-Report 2013, June 2013.

29. <http://www.trustees.uillinois.edu/trustees/agenda/November-13-2008/022-nov-Purchases.pdf>.
30. <http://www.buehler.com/hardness-testing.php>.
31. https://www.alibaba.com/product-detail/MHV-2000-Series-Digital-Micro-Vickers_60274492560.html.
32. http://www.lab-tech.ru/shop/tverdomery/statsionarnye-tverdomery/mikrotverdomer/mikrotverdomer_pmt-3_s_mov-1-16kh/.
33. http://www.bqc.be/index.php?action=page&group_id=20000346&lang=en.
34. https://www.pce-instruments.com/english/measuring-instruments/test-meters/hardness-tester-pce-instruments-hardness-tester-hardytest-uci-1500-det_517088.htm.
35. https://www.leebhardnesstesters.com/portable_hardness_testers/ultrasonic.
36. http://ndtpribor.ru/product/konstanta_td_tverdometr_ulrazvukovoj/.
37. ASTM A 1038-5. Standard Practice for Portable Hardness Testing by the Ultrasonic Contact Impedance Method.
38. <http://www.qualitymag.com/articles/88527-market-analysis--material-testing-equipment-market--tried--tested-and-thriving>.
39. <http://www.frost.com/sublib/display-report.do?id=NF76-01-00-00-00>.
40. <http://www.qualitymag.com/articles/91158-hardness-testing-market-analysis-2013>
41. Пронина Е.Е. Психологическая экспертиза рекламы: Теория и методика психотехнического анализа рекламы. - М.: РИП – холдинг, 2002. – (Академия рекламы). – 95с.
42. Рекламная деятельность: Учеб. для вузов / 4-е изд., перераб. и доп. – М: Маркетинг, 2001. – 361, с.
43. Рогожин М. Ю. Теория и практика рекламной деятельности: Учеб пособие. – М.: РДЛ, 2001.
44. Росситер Д. Р., Перси Л. Реклама и продвижение товаров: Пер. с англ.: Бугаева М. и др.; Под ред. Волковой Л. А.- СПб.: Питер, 2000.

45. Семенов Б. Д. Рекламный менеджмент: Учеб. пособие для экон. специальностей вузов. - Минск: ИП «Экоперспектива», 2000.
46. Ученова. В.В., Старых И.В. История рекламы, или Метаморфозы рекламного образа. - М.: Юнити-Дана, 1999. – 336с.
47. Феофанов О. А. Реклама: Новые технологии в России: Учеб. пособие для подгот. профессионалов в сфере рекламы. – СПб.: Питер, 2000.
48. Шаповалов О. Антиреклама: Некоторые патологические особенности национальной рекламы. - М.: Лабиринт-Пресс, 2001. – 427с.
49. Положение по бухгалтерскому учету «Учет нематериальных активов» ПБУ 14/2000 (в ред. Приказов Минфина РФ от 18.09.2006. № 115н, от 27.11.2006. № 155н).
50. Закон РФ «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» от 29 июня 1998 г. №135-ФЗ, в ред. Федерального закона от 21.12.2001. №178-ФЗ.
51. Гражданский кодекс Российской Федерации. Часть четвертая: федер. закон от 18.12.2006 г. №230-ФЗ: [принят Гос. Думой 24 ноября 2006 г.]. – М.: ТК Велби, Проспект, 2007. – 176 с.
52. Гражданский кодекс Российской Федерации: текст с изм. и доп. на 1 декабря 2009 г. – М.: Эксмо, 2009. – 512 с.
53. Закон Российской Федерации «Об информации, информатизации и защите информации» от 20.02.1995. №24-ФЗ.
54. ГОСТ Р15.011.-96. Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения. – М.: Изд-во стандартов, 1996.
55. ГОСТ 15.101.-98. Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок выполнения научно- исследовательских работ. – М.: Изд-во Межгоссовета по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998.
56. Козырев А. Н., Макаров В. Л. Оценка стоимости нематериальных активов и интеллектуальной собственности. — М.: Интерреклама, 2003. — 352 с.

57. Азгальдов Г. Г., Карпова Н. Н. Оценка стоимости интеллектуальной собственности и нематериальных активов. — М.: Международная Академия Оценки и Консалтинга, 2006. — 400 с.
58. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41415/
59. Н.И. Саталкина, С.И. Дворецкий, М.Н. Краснянский, В.Е. Галыгин, В.П. Таров, Т.В. Пасько, Г.И. Терехова Коммерциализация результатов интеллектуальной деятельности научных и образовательных учреждений: состояние и перспективы развития : монография – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 168 с.
60. Приказ Министерства финансов РФ от 25.11.2011 № 160н «О введении в действие Международных стандартов финансовой отчетности и Разъяснений Международных стандартов финансовой отчетности на территории РФ»
61. Яскевич Е.Е. Практика оценки объектов, связанных с нематериальными факторами воздействия. М., Техносфера, 2012 г.-560 с.
62. Журицкий Г.И., Гаев А.В., Капран Н.П., Астахов Е.Л. Результаты интеллектуальной деятельности. – СПб.: Энергия, 2002. – 308 с.
63. Сайфиева С.Н. Основные показатели развития экономики знаний в России // Теория и практика институциональных преобразований в России. Выпуск № 10 – М., ЦЭМИ РАН 2008.
64. Гвоздева Е.С., Штерцер Т.А. Человеческий капитал как фактор развития России // ЭКО. – 2007. – № 7.
65. Воробьев В.П., Платонов В.В. и др. Инновационный менеджмент. Учебное пособие – СПб., 2008.
66. Сурин А.В., Молчанова А.П. Инновационный менеджмент – М., Инфра-М, 2009г.
67. Богацкая С.Г. Право интеллектуальной собственности: Уч. пособие. – М.: РИОР, 2009.-112 с.

68. Сергеев, А. П. Право интеллектуальной собственности в Российской Федерации: Учебник / А.П. Сергеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ТК Велби, 2003. – 752 с.
69. Соколов, Д. Ю. Патентование изобретений в области высоких технологий / Д.Ю. Соколов. – М.: Техносфера, 2010. – 136 с.
70. Карпухина, С. И. Защита интеллектуальной собственности и патентование: Учебник / С.И. Карпухина. – М.: Междунар. отношения, 2004. – 400 с.
71. Новосельцев, О. В. Оформление и оценка интеллектуальной собственности в имуществе предприятия / О.В. Новосельцев. – М.:2005.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов»
(ФГБНУ ТИСНУМ)

УДК 531.7; 620.17.08
ВГК ОКП 39 7290 7
№ Госрегистрации 114072570015
Инв. № 193

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБНУ ТИСНУМ,
к.ф.-м.н.



В.Д. Бланк

«30» июня 2016 г.

ОТЧЕТ

О ПРИКЛАДНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

«Разработка специализированного нанотвердомера-профилометра и методов
контроля физико-механических свойств внутренних поверхностей открытых
и глухих каналов для применения в машиностроении и авиакосмической
отрасли»

по теме: «Экспериментальные исследования»

(промежуточный)

Этап четвертый

Соглашение о предоставлении субсидии от 22 июля 2014 г. № 14.577.21.0088
ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям
развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы»
Приоритетное направление «Индустрия наносистем»

Часть 2

ПРИЛОЖЕНИЯ

Руководитель работ,
Заведующий отделом исследования
физико-механических свойств
ФГБНУ ТИСНУМ, к.ф.-м.н.

 / А.С. Усеинов

г. Москва, г. Троицк 2016 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. ОТЧЕТ О ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ	175
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ И ПОВЕРКИ ЭОСНП ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ И ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПРОФИЛЕЙ	200
ПРИЛОЖЕНИЕ В. ОТКОРРЕКТИРОВАННАЯ ЭСКИЗНАЯ КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ЭД.НтПС.000-01 НА ЭОСНП	211
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ	221
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. ОТЧЕТ О РЕЗУЛЬТАТАХ ОЦЕНКИ РИД.....	291

ПРИЛОЖЕНИЕ А. ОТЧЕТ О ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПАТЕНТНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЯХ

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов»
(ФГБНУ ТИСНУМ)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий отделом
ФГБНУ ТИСНУМ
кандидат физ.-мат. наук



А.С. Усеинов

ОТЧЕТ
О ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ
по теме:

«Разработка специализированного нанотвердомера-профилометра и методов контроля физико-механических свойств внутренних поверхностей открытых и глухих каналов для применения в машиностроении и авиакосмической отрасли»

Соглашение о предоставлении субсидии от 22 июля 2014 г. № 14.577.21.0088

ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы»
Приоритетное направление «Индустрия наносистем»

г. Москва, г. Троицк, 2016 г.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Вед. науч. сотр.,
канд .физ.-мат.наук


30.06.16
подпись, дата


В.Н. Решетов
(разделы 1-2,
заключение,
приложения АА-АД)

Мл. науч. сотр.


30.06.16
подпись, дата

И.И. Маслеников
(разделы 1-2,
приложения АА-АД)

Мл. науч. сотр.


30.06.16
подпись, дата

К.С. Кравчук
(разделы 1-2)

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ, УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ, ТЕРМИНОВ	178
ОБЩИЕ ДАННЫЕ ОБ ОБЪЕКТЕ ИССЛЕДОВАНИЙ	179
1. Анализ технического уровня разработок в исследуемой области техники	181
2. Анализ тенденций и прогноз развития исследуемой области техники....	183
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	187
ПРИЛОЖЕНИЕ АА. ЗАДАНИЕ НА ПРОВЕДЕНИЕ ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	188
ПРИЛОЖЕНИЕ АБ. РЕГЛАМЕНТ ПОИСКА.....	190
ПРИЛОЖЕНИЕ АВ. ОТЧЕТ О ПОИСКЕ	192
ПРИЛОЖЕНИЕ АД. ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ, ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ПАТЕНТОСПОСОБНОСТЬ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	195

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ, УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ, ТЕРМИНОВ

МПК (МКИ) – международная патентная классификация изобретений (международная классификация изобретений);

ФИПС – Федеральный институт промышленной собственности

НКИ – национальная классификация изобретений;

ГС – гармонизированная система (гармонизированная товарная номенклатура);

СМТК – стандартная международная торговая классификация ООН;

БТН – Брюссельская таможенная номенклатура;

УДК – универсальная десятичная классификация.

ПНИ – прикладные научные исследования;

СЗМ – сканирующий зондовый микроскоп;

АСМ – атомно-силовой сканирующий микроскоп.

РИД – результаты интеллектуальной деятельности

ISO International Organization for Standardization

ASTM - American Society for Testing and Materials

МЭМС – микро электро-механическое система

WO – Международная заявка

RU – Российская Федерация

US – Соединенные Штаты Америки

ESPACENET – База данных Европейского Патентного офиса

ОБЩИЕ ДАННЫЕ ОБ ОБЪЕКТЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Патентные исследования проведены в соответствии с пунктом 5.2 Технического задания (приложение №1 к Соглашению от 22 июля 2014 г. № 14.577.21.0088 о предоставлении субсидии).

Дата начала работ: 2016 г., январь; дата окончания работ: 2016 г., май.

Проект, в рамках которого проведены патентные исследования, имеет целью обеспечение возможности проведения измерений механических свойств и рельефа внутренней поверхности на микрометровом и нанометровом уровне, в открытых или глухих каналах в узлах и агрегатах изделий и механизмов, применяемых в машиностроительной и авиакосмической отраслях.

Объектом патентных исследований являются устройства для измерения физико-механических свойств материалов: нанотвердомеры, в том числе позволяющие производить исследования в ограниченных пространствах.

Целью патентных исследований является исследование технического уровня разработок и тенденций приборов, измеряющих механические свойства образцов, а также определение патентоспособности специализированного нанотвердомера – профилометра.

Задачами патентных исследований являются:

- исследование технического уровня разработок в области создания устройств, осуществляющих контроль механических свойств материалов, в том числе внутренних поверхностей;

- исследование тенденций развития приборов, осуществляющих контроль механических свойств материалов, в том числе в ограниченном пространстве;

- исследование патентоспособности специализированного нанотвердомера – профилометра.

Для достижения цели патентных исследований патентно-информационный поиск был выполнен на основе материалов, опубликованных в базах данных Google Patent, ESPACENET и «Роспатент». Также использовалась информация, представленная на сайтах производителей: Keysight (США), Hysitron (США), Anton Paar (Австрия, а также материалы компании CSM-Instruments – старое название производителя, Швейцария), Nanomechanics (США), ФГБНУ ТИСНУМ (твердомеры под товарным знаком Nanoscan, Россия). Глубина патентного поиска: 2004-2016 год. Устройства относятся к рубрикам Международной патентной классификации G01Q (G01Q 10/00, G01Q 20/00, G01Q60/24, G01Q60/36, G01Q60/38), G01N (G01N 3/00, G01N 3/02, G01N37/00, G01N3/02, G01N3/40, G01N3/42), G01D5/22, G01B5/28, G01B7/34.

В число перечисленных выше производителей входят лидеры в области определения механических свойств образцов в нанодиапазоне, используемые ими технологические решения определяют современный уровень развития нанотвердомеров. Также в число данных производителей-лидеров входят компании, предлагающие совмещенные устройства для измерения не только механических, но одновременно и геометрических свойств поверхности. Таким образом, информация об использованных данными производителями датчиках и актюаторах, а также технологических решений для создания приборов является достаточной для достижения необходимых результатов патентных исследований.

1. Анализ технического уровня разработок в исследуемой области техники

Определение технического уровня разрабатываемой продукции был осуществлен на основе описания к патентам и заявкам стран, производящих соответствующие устройства (Российская Федерация, США, Китай) за период с 2004 по 2016 гг.

Известны сканирующие нанотвердомеры - устройства, совмещающие в себе функции сканирующих зондовых микроскопов, а также наноинденторов, позволяющие проводить измерения методом инструментального индентирования, а также измерять рельеф образца, используя для этого один и тот же зонд (патент US 6026677, МПК G01N3/42, G01G7/06, G01P15/125, от 06.11.1997, патент US 6755075 В2, МПК G01N3/40, G01N13/16 от 10.02.2000, патент RU 2442131 С1, МПК G01N3/40 от 10.02.2012, патент US 5869751, МПК G01B5/28, G01B7/28 от 29.07.1997). Данные устройства содержат измерительную головку, а также позиционер, позволяющий изменять взаимное положение индентирующего острия и образца в процессе сканирования. Все вышеперечисленные устройства допускают измерение плоских образцов, ограниченных размеров, которые размещаются внутри измерительного прибора.

В настоящее время существует ряд различных изделий, позволяющих измерять механические свойства материалов внутри замкнутых поверхностей при помощи контактного метода: путем внедрения наконечника, в том числе при помощи метода инструментального индентирования. Так, например, известны приборы, допускающие измерения механических характеристик образцов внутри просвечивающих электронных микроскопов (патент US 7798011 В2, МПК G01B7/16 от 07.02.2007, патент US 7363802 В2, МПК В23Q 17/09 от 12.05.2004, патент CN 103645199 А, МПК G01N23/04, от 17.09.2013).

Существует устройство, позволяющие измерять физико-механические свойства материалов, а также их профили внутри замкнутых поверхностей (патент на полезную модель RU 160682 с приоритетом от 24 ноября 2015 г.). Одним из наиболее существенных недостатков данной конструкции является отсутствие датчика силы: данную величину можно получить косвенно на основе сравнения траекторий перемещения датчика в воздухе и в контакте с материалом, однако подобная оценка будет содержать значительную ошибку в силу гистерезисного поведения керамического элемента, обеспечивающего внедрение зонда в поверхность. Создание нового варианта конструкции нанотвердомера-профилометра, имеющего в своей основе помимо пьезокерамического зонда и датчик перемещения дополнительный датчик силы, устранит указанный выше недостаток и позволит улучшить возможности контроля физико-механических свойств, что в свою очередь, обеспечит возможность патентования конструкции.

2. Анализ тенденций и прогноз развития исследуемой области техники

Диапазон принципиально возможных способов задания силы, используемых в настоящее время в наноинденторах весьма ограничен: электромагнитный привод (комбинация катушка-магнит), электростатические силы, возникающие между обкладками конденсатора при приложении к нему напряжения, и внедрения индентора в образец за счет расширения пьезокерамического материала при подаче на него напряжения.

У каждого из описанных подходов есть свои особенности. Электромагнитный способ обеспечивает приложение больших нагрузок при достаточно больших перемещениях, однако может приводит к разогреву системы и термодрейфам; электростатический способ приложения силы обеспечивает точный контроль небольших сил; пьезокерамическое актюация не приводит к термодрейфам, сравнимым с таковыми, возникающими при электромагнитном задании силы, однако требует дополнительной цепи регулирования, контролирующей ее перемещение и, в отличие от электромагнитного способа, является достаточно дорогой.

Основываясь на достоинствах и недостатках различных принципов задания и измерения силы и перемещения ряд производителей оборудования создают различные измерительные головки, способные работать в разных диапазонах сил и перемещения. Одним из наиболее широких диапазонов измерительных модулей обладает фирма Anton Paar (бывшая CSM Instriments). Ее линейка приборов включает Bioindenter (БИТ), Ultra Nanoindentation Tester (UNИТ), Nanoindentation Hardness Tester (NИТ2), Micro Indentation Tester (МИТ). Прибор NИТ2, также как и например G200 компании Kesight, обладает электромагнитным приводом и способен прикладывать усилия вплоть до 0.5Н, UNИТ оборудован рядом пьезокерамических элементов, обеспечивающих перемещение до 100 мкм и нагрузки до 100 мН, измерение перемещения производится емкостными

датчиками. Конкретная конструкция прибора, использующая данные элементы запатентована (US 7685868 B2, заявка от 16 ноя 2005).

Аналогично, компания Hysitron для нагрузок от 2 нН до ~ 0.5 мН предлагает модуль xProbe, использующий МЭМС-элементы, для более высоких нагрузок – модуль, на основе трехпластинного электростатического преобразователя (three plate transducer, см. патенты US 5553486, US 5576483, US 5661235, US 5869751, US 6026677), позволяющий индентировать с нагрузками до 20 мН; наибольшие нагрузки реализованы в модулях MultiRange NanoProbe и OmniProbe, реализующих перемещение штока за счет движения пьезокерамики: максимальная нагрузка в данных модулях может быть выбрана от 1Н до 10 Н.

Другой тенденцией производителей оборудования, производящего измерения механических свойств методом инструментального индентирования (наноиндентирования) является создание устройств для измерений в электронных микроскопах. Компания Nanomechanics inc. предлагает системы InSEM I, InSEM III и InSEM HT, имея в своей основе модуль InForce 50 данные конструкции InSEM I, InSEM III позволяют производить измерения внутри сканирующего электронного микроскопа, причем последняя модель InSEM HT позволяет производить данные измерения вплоть до температуры 800°C. Компания Hysitron производит инденторы как для сканирующих так и для просвечивающих электронных микроскопов: PI 95 TEM PicoIndenter (см. патент US 8,453,498) и PI 8X SEM PicoIndenter, для модели PI 87xR имеется модуль высокотемпературных измерений.

Отдельным направлением производителей для производителей наноинденторов является разработка модулей и приборов, позволяющих измерять биологические образцы, обладающие низким модулем упругости (на уровне единицы-сотни килоПаскалей) и требующие различие малых сил при относительно больших перемещениях. В случае, когда в конструкции отсутствует датчик прямого измерения силы, подобные

измерения являются затруднительными, так как возникающая сила может быть обусловлена не контактом индентора с образцом, а например нелинейностью подвеса. Прибор Bioindenter- ВНТ компании Anton Paar содержит два независимых датчика перемещения и силы и способен измерять нагрузки до 20 мН при перемещениях до 100 мкм. Компания Hysitron позволяет расширить диапазон стандартного трехпластинного преобразователя (около ~ 5 мкм) дополнительным пьезокерамическим транслятором xZ 500 Extended Displacement, позволяющим производить индентирования вплоть до 500 мкм.

Стоит отметить, что последняя из отмеченных тенденции не является важной для разрабатываемого нанотвердомера – профилометра, так измерение столь мягких образцов не предполагается. Первая из отмеченных тенденций (изготовление различных модулей для различных диапазонов нагрузок) может быть реализована и в специализированном нанотвердомере-профилометре путем изготовления измерительных головок с различной жесткостью подвеса, однако такая необходимость отсутствует, так как необходимые технические параметры достигаются в рамках одной конструкции.

3. Анализ патентоспособности специализированного нанотвердомера-профилометра

Настоящая модификация нанотвердомера-профилометра использует в качестве прототипа известное ранее устройство для измерения физико-механических свойств материалов (патент на полезную модель RU 160682 с приоритетом от 24 ноября 2015 г.), и содержит известный ранее датчик камертонного типа (патент RU 2425356 С1, а также схожее по конструкции устройство RU 2108561 С1), однако, не смотря на данное обстоятельство, содержит новый способ крепления зонда: его закрепляют на упругом элементе, который в свою очередь закреплен на подвижном основании, размещенном на клинообразном элементе и закрепленном боковыми упругими креплениями, одно из которых соединено с Т-образным элементом, на одном из торцов которого закреплена сфера, причем корпус устройства соединен жестким штоком с линейным транслятором, а клинообразный элемент соединен с стальным тросом в оплетке, размещенным внутри жесткого штока, с дополнительным линейным транслятором; кроме того устройство снабжают дополнительным оптическим датчиком перемещения, расположенным напротив зазора между Т-образным элементом и подвижным основанием и закрепленным на корпусе устройства.

В результате устройство позволяет измерять как сигнал силы, так и сигнал перемещения, в то время как в известном ранее устройстве (патент на полезную модель RU 160682) непосредственные измерения проводились только для сигнала перемещения зонда, а для значений сил можно было только привести расчетные значения. В свою очередь, измерение двух сигналов позволяет существенно снизить ошибку значения прикладываемой к образцу силы и применять метод наноиндентирования вместо совокупности методов склерометрии и метода измерения отношения твердости к квадрату модуля упругости, применяемом в известном ранее

устройстве, а следовательно и увеличить локальность и скорость проводимых измерений.

Таким образом, наличие дополнительного датчика и существенное изменение конструкции крепления зонда обеспечивает патентную новизну разрабатываемого устройства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Патентное исследование показало патентную способность разработанного специализированного нанотвердомера-профилометра. Проведенный анализ показал, что в большинство существующих на данный момент модель твердомеров адаптированы для работы внутри электронных результате анализа было выявлено, что существующие нанотвердомеры, применяющиеся для работы в ограниченных пространствах, в основной массе адаптированы для работы в электронных микроскопов, и всего один прибор приспособлен для контроля внутренних поверхностей изделий. Улучшение конструкции крепления зонда, а также наличие дополнительного датчика, позволяющего измерять силу позволяет повысить локальность и скорость проведения измерений, что обеспечивает патентоспособность конструкции.

Существующие на сегодняшний день тенденции в производстве наноинденторов могут в большинстве не являются актуальными для разработанной конструкции в силу ее спецификации, однако развитие модульности и адаптация устройств для измерения конкретных объектов может найти свое отражение и для специализированного нанотвердомера-профилометра, например в виде изготовления зондов различной жесткости для измерения различного типа материалов.

В целом разработанная конструкция обладает патентной частотой и обеспечивает достижение необходимых показателей.

ПРИЛОЖЕНИЕ АА. ЗАДАНИЕ НА ПРОВЕДЕНИЕ ПАТЕНТНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий отделом ФГБНУ ТИСНУМ
кандидат физ.-мат. наук

А.С. Усеинов

11 января 2016 г.

М.П.



ЗАДАНИЕ № 3
на проведение патентных исследований

Тема ПНИ:	«Разработка специализированного нанотвердомера-профилометра и методов контроля физико-механических свойств внутренних поверхностей открытых и глухих каналов для применения в машиностроении и авиакосмической отрасли»
Шифр:	2014-14-579-0067-007
Этап ПНИ:	Этап № 4. «Экспериментальные исследования и отработка методик»
Сроки выполнения этапа ПНИ:	Начало: 01.01.2016 Окончание: 30.06.2016
Задачи патентных исследований:	1) Исследование технического уровня разработок в области создания устройств, осуществляющих контроль механических свойств материалов, в том числе их внутренних поверхностей 2) Исследование тенденций развития приборов, осуществляющих контроль механических свойств материалов, в том числе в ограниченном пространстве 3) Исследование патентоспособности специализированного нанотвердомера - профилометра

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Виды патентных исследований	Подразделения-исполнители	Ответственные исполнители (Ф.И.О.)	Сроки выполнения.	Отчетные документы
Исследование технического уровня разработок в области создания и использования устройств, проводящих измерения механических свойств и топографии поверхности в ограниченных пространствах	Отдел исследования физико-механических свойств	Масленников И.И.	Начало - окончание 11.01.2016 – 25.05.2016	Анализ технического уровня разработок в исследуемой области техники
Исследование тенденций развития приборов измеряющих механические свойства поверхности в ограниченном пространстве	Отдел исследования физико-механических свойств	Масленников И.И.	11.01.2016 – 25.05.2016	Анализ тенденций и прогноз развития исследуемой области техники
Исследование патентоспособности специализированного нанотвердомера - профилометра	Отдел исследования физико-механических свойств	Масленников И.И.	11.01.2016 – 25.05.2016	Анализ патентоспособности специализированного нанотвердомера - профилометра

Заведующий отделом ФГБНУ ТИСНУМ

А. С. Усеинов

11.01.2016

дата

расшифровка

Руководитель

патентного подразделения

11.01.2016

дата

расшифровка

ПРИЛОЖЕНИЕ АБ. РЕГЛАМЕНТ ПОИСКА

РЕГЛАМЕНТ ПОИСКА № 3

11 января 2016

дата составления регламента

Тема ПНИ	Разработка специализированного нанотвердомера-профилометра и методов контроля физико-механических свойств внутренних поверхностей открытых и глухих каналов для применения в машиностроении и авиакосмической отрасли
Шифр:	2014-14-579-0067-007
Этап ПНИ:	№ 4. Экспериментальные исследования и отработка методик
Номер и дата утверждения Задания:	№ 3 от 11 января 2016 г.
Цель поиска информации:	Формирование заявки на патент на полезную модель специализированного нанотвердомера-профилометра.
Начало поиска:	11 января 2016 г.
Окончание поиска:	25 мая 2016 г.
Обоснование регламента поиска:	В соответствии с требованиями технического задания поиск проводился по патентной литературе в объеме патентных фондов РФ и развитых стран, по ведущим базам данных патентной информации, а также в научно-технической литературе, включая отечественные и зарубежные научные журналы, обзоры и монографии. Глубина поиска не менее 10 лет.

Таблица АБ.1

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна поиска	Источники информации, по которым будет проводиться поиск							Ретроспективность	Наименование информационной базы (фонда)	
		Наименование	Классификационные рубрики: МКИ*, НК И* и др	Наименование	Рубрики УДК* и другие	Наименование	Код товара: ГС*, СМТК*, БТН*	Наименование			Классификационные индексы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Устройства для измерения физических механических свойств материалов, в том числе позволяющие производить исследования в ограниченных пространствах: - силосающий элемент, актуаторы перемещения; - система крепления датчика; - датчики силы и перемещения.	РФ, США, Великобритания, Швейцария, Австралия	3	G01N3/00 G01N3/02, G01N3/40, G01N3/42, G01N37/00, G01Q10/00, G01Q20/00, G01Q60/24, G01Q60/36, G01Q60/38, G01B5/28, G01B7/34, G01D5/22, «Роспатент»	5	6	7	8	9	10	11	12
		Полные описания изобретений к патентам в национальных и международных базах патентной информации США» Google России «Роспатент»								2004–2016	Базы данных патентных ведомств США "Google patent", России «Роспатент»

Заведующий отделом ФГБНУ ТИСНУМ

А. С. Усеинов
расшифровка

11.01.2016
дата

Руководитель
патентного подразделения

Г.Н. Кремкова
расшифровка

11.01.2016
дата

ПРИЛОЖЕНИЕ АВ. ОТЧЕТ О ПОИСКЕ

ОТЧЕТ О ПОИСКЕ

Тема ПНИ	Разработка специализированного нанотвердомера-профилометра и методов контроля физико-механических свойств внутренних поверхностей открытых и глухих каналов для применения в машиностроении и авиакосмической отрасли
Шифр:	2014-14-579-0067-007
Этап ПНИ:	№ 4. Экспериментальные исследования и отработка методик
Задание на выполнение поиска	Задание на выполнение патентных исследований № 3 от 11.01.2016, утверждено заведующим отделом, руководителем работ по ПНИ А.С. Усеиновым Регламент поиска от 11.01.2016
Начало поиска:	11 января 2016 г.
Окончание поиска:	25 мая 2016 г.
Сведения о выполнении поиска:	Регламент поиска выполнен полностью.
Предложения по дальнейшему проведению поиска и патентных исследований	Проведение дополнительных патентных исследований при получении результатов интеллектуальной деятельности в процессе выполнения будущих этапов ПНИ.

Материалы, отобранные для анализа, приведены в таблице АВ.1.

Таблица АВ.1 — Патентная документация.

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа, классификационный индекс	Заявитель (патентобладатель) Страна. Номер заявки, Дата приоритета, дата публикации в бюлл.	Название изобретения	Сведения о действии охранного документа или причины его аннулирования
1	2	3	4	5
Специализированный нанотвердометр - профилометр, устройства для измерения физико-механических свойств материалов, нанотвердометры, в том числе позволяющие производить исследования в ограниченных пространствах - силозадающие элементы, актюаторы	Заявка US 20150028696 H02K41/035 H02K9/02	Nanomechanics, Inc.(Oak Ridge, TN) 15.03.2012 29.01.2015	Electromechanical Actuator to Reduce Heating Effects	заявлен
	Патент US 8,453,498 G01B 5/28 G01B 7/16 G01L 1/00	Hysitron, Incorporated (Minneapolis, MN) 12/886,745 08.02.2007 04.06.2013	Actuatable capacitive transducer for quantitative nanoindentation combined with transmission electron microscopy	действует
	Патент US 6755075 G01N3/40 G01N13/16,	Japan Science and Technology Corporation, National Institute For Materials Science, 10.02.2000 29.04.2004	Superfine indentation tester	действует

<p>перемещения; - система крепления датчика; - датчики силы и перемещения.</p>	<p>Патент RU 2442131 G01N3/40,</p>	<p>ФГБНУ ТИСНУМ (Троицк, Москва), 2010130267/28 21.07.2010 10.02.2012</p>	<p>устройство для измерения параметров рельефа поверхности и механических свойств материалов</p>	<p>действует</p>
	<p>Патент US 7798011 G01B7/16</p>	<p>Hysitron, Incorporated (Minneapolis, MN) 11/672489 08.02.2006 21.09.2010</p>	<p>Actuatable capacitive transducer for quantitative nanoindentation combined with transmission electron microscopy</p>	<p>действует</p>
	<p>Патент US 7363802 B23Q17/09, H01J37/20, H01J37/26, G01N23/04, G01L5/00, G01B21/30, G01Q60/24, G01Q20/02, G01Q20/04, G01Q20/00</p>	<p>Nanofactory Instruments AB, (Goeteborg SE) 10/843,662 12.11.2001 29.04.2008</p>	<p>Measurement device for electron microscope</p>	<p>действует</p>
	<p>Патент CN 103645199 G01N23/04,</p>	<p>Beijing University of Technology 201310423165 17.09.2013 28.10.2015</p>	<p>In situ TEM biaxial tilting nanoindentation</p>	<p>действует</p>
	<p>Патент RU 160682,</p>	<p>ФГБНУ ТИСНУМ (Троицк, Москва), 2015150228 24.11.2015 27.03.2016</p>	<p>устройство для измерения физико- механических свойств материалов</p>	<p>действует</p>

**ПРИЛОЖЕНИЕ АД. ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ, ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ПАТЕНТОСПОСОБНОСТЬ
ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ**

**АД.1 Технический уровень и тенденции развития объекта хозяйственной деятельности
Форма АД.1.1 Показатели технического уровня объекта техники**

*	Наименование показателей	Значения показателей	Объект разработки (производства) на 2015 г.						Международные и национальные стандарты	Прогноз на 2016 г.
			3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	4		
1			3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	4	5	6
		Отечественные и зарубежные объекты аналогичного назначения (с указанием моделей фирм, стран, года известности) Возможность и эффективность их использования для решения задач поставленных в ТЗ на ПНИ	Устройство для измерения физико-механических свойств материалов, Россия 2016г.	PI 8X SEM Picoindenter, Hysitron, США, 2013г.	PI 95 TEM Picoindenter, Hysitron, США, 2012г.	InSEM III Microglobe, Nanomechanics, Inc, Oak Ridge, TN, США, 2013	ТЕМ-Nanoindenter, Goeteborg (Швеция), 2008г.	Измерительный прибор	измерительный прибор	
технико-экономические	устройство для измерения физико-механических свойств материалов: нанотвердомер, позволяющий производить исследования в ограниченных пространствах	среднее соотношение цена/качество	высокое соотношение цена/качество	высокое соотношение цена/качество	высокое соотношение цена/качество	хорошее соотношение цена/качество	хорошее соотношение цена/качество	-#	-#	Использование нанотвердомера профилометра
эффективность использования по назначению	устройства для измерения физико-механических свойств материалов: нанотвердомеры, позволяющие	можно использовать в ПНИ	невозможность использовать в ПНИ	невозможность использовать в ПНИ	невозможность использовать в ПНИ	невозможность использовать в ПНИ	невозможно использовать в ПНИ	-#	-#	Использование нанотвердомера профилометра

технические	производить исследования в ограниченных пространствах	находятся в необходимом диапазоне	находятся в другом диапазоне	находятся в другом диапазоне	находятся в другом диапазоне	находятся в другом диапазоне	находятся в другом диапазоне	находятся в другом диапазоне	находятся в другом диапазоне	Использование нанотвердомера-профилометра
эргономические	устройства для измерения физических свойств материалов: нанотвердомеры, позволяющие производить исследования в ограниченных пространствах	соответствуют	не соответствуют	не соответствуют	не соответствуют	не соответствуют	не соответствуют	не соответствуют	не соответствуют	Использование нанотвердомера-профилометра
Импортозависимость	устройства для измерения физических свойств материалов: нанотвердомеры, позволяющие производить исследования в ограниченных пространствах	низкая	низкая	низкая	низкая	низкая	низкая	низкая	низкая	Использование нанотвердомера-профилометра

Форма АД.1.2 Тенденции развития объекта исследования

Выявленные тенденции развития объекта исследования	Источник информации	Технические решения, реализующие тенденции	
		в объектах организаций (фирм)	в исследуемом объекте
1	2	3	4
Создание специализированных конструкций под конкретный диапазон нагрузок и перемещений. Создание серии модулей для различных объектов исследования.	Патенты фирм производителей	Использование различного типа актюаторов: пьезокерамических элементов, актюаторов емкостного типа, либо электромагнитных силозадающих элементов	В разрабатываемом специализированном нанотвердомере-профилометре приложение нагрузки обеспечивается клинообразным элементом, подвижным линейным транслятором на основе шагового двигателя или иного типа, что обеспечивает функционирование устройства внутри полостей образцов в необходимом диапазоне нагрузок
Обеспечение возможности проведения испытаний в ограниченных пространствах внутренних областей электронных микроскопов	Рекламные материалы фирм производителей	Миниатюризация силозадающих элементов и датчиков, использование МЭМС элементов	Функционирование нанотвердомера-профилометра внутри колон электронного микроскопа не предполагается. Оптические датчики перемещения и пьезокерамические элементы обеспечивают функционирование внутри полостей образцов.
Смещение диапазона нагрузок в область малых нагрузок и больших перемещений для измерения биологических объектов	Рекламные материалы фирм производителей	Использование двух отдельных датчиков силы и перемещения, или дополнительных модулей актюаторов	Разрабатываемый специализированный нанотвердомера-профилометр в предлагаемой модификации содержит два различных датчика силы и перемещения, однако его использование для измерения биологических объектов не планируется

АД.2 Патентоспособность специализированного нанотвердомера-профилометра

Форма АД.2.2 Оценка патентоспособности вновь созданных технических и художественно-конструкторских решений, определение целесообразности их правовой охраны

1	2	3	4	5	6
<p>Название технических, художественно-конструкторских решений, предлагаемых к правовой охране</p>	<p>Сущность решений, предлагаемых в правовой охране</p>	<p>Прототипы решений, предлагаемых к правовой охране</p>	<p>Достижимый технический результат и его влияние на характеристики объекта хозяйственной деятельности</p>	<p>Патентоспособность и квалификация предложенных решений (возможность отнесения к изобретениям, полезным моделям, промышленным образцам)</p>	<p>Целесообразность правовой охраны и обоснование выбора стран патентования или причина отказа от правовой охраны и целесообразность отнесения к ноу-хау</p>
<p>Оснащение измерительной головки дополнительным датчиком перемещения, использование упругого крепления пьезокерамического элемента</p>	<p>устройство, содержит пьезорезонатор в виде камертона с закрепленным на одном из стержней алмазным индентором, соединенным с блоком возбуждения и с блоком детектирования, а также снабженное оптическими датчиками перемещения, причем, пьезорезонатор закрепляют на упругом элементе, который в свою очередь закреплен на подвижном основании, размещенном на клинообразном элементе и закрепленном боковыми упругими креплениями, одно</p>	<p>устройство для измерения физико-механических свойств материалов (патент на полезную модель RU 160682, приоритет от 24.11.2015),</p>	<p>измерение сигнала силы и перемещения индентора в поверхность, с последующей обработкой данных согласно методу инструментального индентирования с целью получения значения твердости и модуля упругости в рамках единичного измерения,</p>	<p>устройство обладает новизной, однако степень изобретательского уровня устройства является ограниченной, что обуславливает возможность отнесения устройства к полезным моделям</p>	<p>устройство является модификацией известного ранее устройства, но расширяет его применение, что достигается средствами, известными из существующего уровня науки и техники; при необходимости аналогичная конструкция может повторена иными производителями, что обуславливает</p>

	<p>из которых соединено с Т-образным элементом, на одном из торцов которого закреплена сфера, причем корпус устройства соединен жестким штоком с линейным транслятором, а клинообразный элемент соединен с стальным тросом в оплетке, размещенным внутри жесткого штока, с дополнительным линейным транслятором; кроме того устройство снабжают дополнительным оптическим датчиком перемещения, расположенным напротив зазора между Т-образным элементом и подвижным основанием и закрепленным на корпусе устройства</p>		<p>произведенного локально в одной точке поверхности. Кроме того, приведенная совокупность признаков также обеспечивает измерение линейных профилей поверхностей</p>	<p>целесообразность ее патентования. Так как применение устройства планируется на территории на РФ, целесообразно защитить устройство именно патентами РФ.</p>
--	--	--	--	--

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ И ПОВЕРКИ ЭОСНП
ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ И ПАРАМЕТРОВ ШЕ-
РОХОВАТОСТИ ПРОФИЛЕЙ

СОГЛАСОВАНО

Заведующий отделом

ФГБНУ ТИСНУМ



А.С. Усеинов

20 июня 2016 г.

УТВЕРЖДАЮ

Начальник научно-

исследовательской лаборатории

МИЭТ



Б.А. Логинов

20 июня 2016 г.

МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ И ПОВЕРКИ ЭОСНП
ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ
И ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПРОФИЛЕЙ

Москва, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ	202
1. ДОКУМЕНТАЦИЯ	202
2. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	202
3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ	203
3.1 ТРЕБОВАНИЯ К ПОГРЕШНОСТЯМ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ	203
3.2 СРЕДСТВА КАЛИБРОВКИ И ПОВЕРКИ	203
3.3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ КАЛИБРОВКИ	204
4. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ КАЛИБРОВЩИКОВ	204
5. ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ	204
6. ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ КАЛИБРОВКИ	204
7. ПРОЦЕДУРА КАЛИБРОВКИ, ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ	204
7.1 ВНЕШНИЙ ОСМОТР	204
7.2 ОПРОБОВАНИЕ.....	205
7.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРА ШЕРОХОВАТОСТИ R_A	205
7.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРА ШЕРОХОВАТОСТИ R_{MAX}	209
8. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КАЛИБРОВКИ.....	209
ПРИЛОЖЕНИЕ БА. ПРОТОКОЛ КАЛИБРОВКИ ЭОСНП	210

ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

Настоящие методики калибровки и поверки распространяются на специализированные нанотвердомеры-профилометры при измерении линейных размеров и параметров шероховатости профилей, в дальнейшем ЭОСНП, и устанавливает методы и средства его калибровки и поверки.

1. ДОКУМЕНТАЦИЯ

- Техническое задание по Соглашению 14.577.21.0088 о предоставлении субсидии для финансового обеспечения затрат, связанных с выполнением прикладных научных исследований по лоту шифр 2014-14-579-0067 по теме: «Разработка специализированного нанотвердомера-профилометра и методов контроля физико-механических свойств внутренних поверхностей открытых и глухих каналов для применения в машиностроении и авиакосмической отрасли» (уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57714X0088);

- Руководство оператора РЭ RU.ЭДНТПС.00001-01 34 01;

- Акт изготовления ЭОСНП.

2. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ЭОСНП	Экспериментальный образец специализированного нанотвердомера-профилометра
ИГ	Измерительная головка
ТЗ	Техническое задание
ЭКД	Эскизная конструкторская документация
ПМ	Программа и методики испытаний
ПД	Программная документация
РО	Руководство оператора

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

3.1 Требования к погрешностям оценки параметров

При проведении калибровки/поверки ЭОСНП погрешность оцениваемых параметров должна соответствовать требованиям, указанным в таблице 1.

Таблица Б.1. Требования к погрешностям оцениваемых параметров

Наименование параметра	Ед. изм.	Номинальное значение
Измерение параметра шероховатости Ra (среднее арифметическое отклонение профиля в соответствии с ГОСТ 2789-73) в диапазоне от 0,01 до 10 мкм, с погрешностью, не более	%	±10
	мкм	> 0,01
Измерение параметра шероховатости Rmax (наибольшая высота профиля в соответствии с ГОСТ 2789-73) в диапазоне от 0,01 до 35 мкм, с погрешностью, не более	%	±10
	мкм	0,01

3.2 Средства калибровки и поверки

Калибровку/поверку ЭОСНП проводят с помощью рельефной меры профильной ПРО-10 Т1.02.03 (либо с аналогичными метрологическими характеристиками), параметры которой приведены ниже.

Таблица Б.2. Параметры рельефной меры ПРО-10 Т1.02.03

Наименование	Документация	Основные характеристики
Мера профильная ПРО-10 Т1.02.03	ТУ 3932-004-70281271-2011 «Меры профильные ПРО-10. Технические условия»	Ra 0,15 мкм Rz 0,32 мкм RSm 100 мкм $\Delta \pm 3\%$

3.3 Требования к условиям проведения калибровки

Испытания должны проводиться в нормальных климатических условиях:

температура окружающего воздуха, °С	23±2
относительная влажность воздуха, %	от 45 до 85
атмосферное давление, мм рт. ст.	от 720 до 790

4. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ КАЛИБРОВЩИКОВ

К проведению калибровки/поверки и обработке результатов измерений допускаются лица, имеющие квалификацию, изучившие устройство и принцип работы ЭОСНП по эксплуатационной документации.

5. ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении калибровки/поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.3.019-80.

Освещенность рабочего места должна соответствовать требованиям санитарных правил СП 2.2.1.1312-03.

При проведении калибровки/поверки необходимо ознакомиться с руководством по эксплуатации ЭОСНП.

6. ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ КАЛИБРОВКИ

Калибруемый/поверяемый ЭОСНП и средства калибровки следует подготовить к работе в соответствии с технической документацией на них;

7. ПРОЦЕДУРА КАЛИБРОВКИ, ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

7.1 Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие комплектности калибруемого/поверяемого ЭОСНП технической документации, утвержденной в установленном порядке;

- отсутствие на корпусе ЭОСНП, преобразователях и соединительных кабелях механических повреждений, влияющих на работоспособность.

7.2 Опробование.

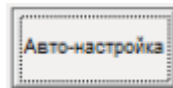
При опробовании ЭОСНП требуется выполнить все операции по подготовке профилометра к работе согласно Руководству оператора RU.ЭДНтПС.00001-01 34 01.

7.3 Определение погрешности измерения параметра шероховатости R_a .

Перед началом испытаний прибор обязательно должен пройти процедуру подготовки к измерениям в соответствии с требованиями п. 3.1 и 3.2 Руководства оператора RU.ЭДНтПС.00001-01 34 01:

- настроить частоту колебания зонда на резонансную;
- настроить амплитуду колебания зонда;
- настроить параметры обратной связи — Уставка и Коэфф.;
- сохранить выбранные параметры.

Настройка частоты колебаний зонда проводится следующим образом



Нажмите кнопку авто-настройка. Частота зонда настраивается на первый максимум амплитуды A_m . Это означает, что при изменении значения частоты в поле Частота на +/- 100 Гц явно наблюдается смещение (уменьшение) от пикового значения амплитуды. Пример резонансной кривой, полученной при автоматической настройке зонда представлен на рисунке Б.1.

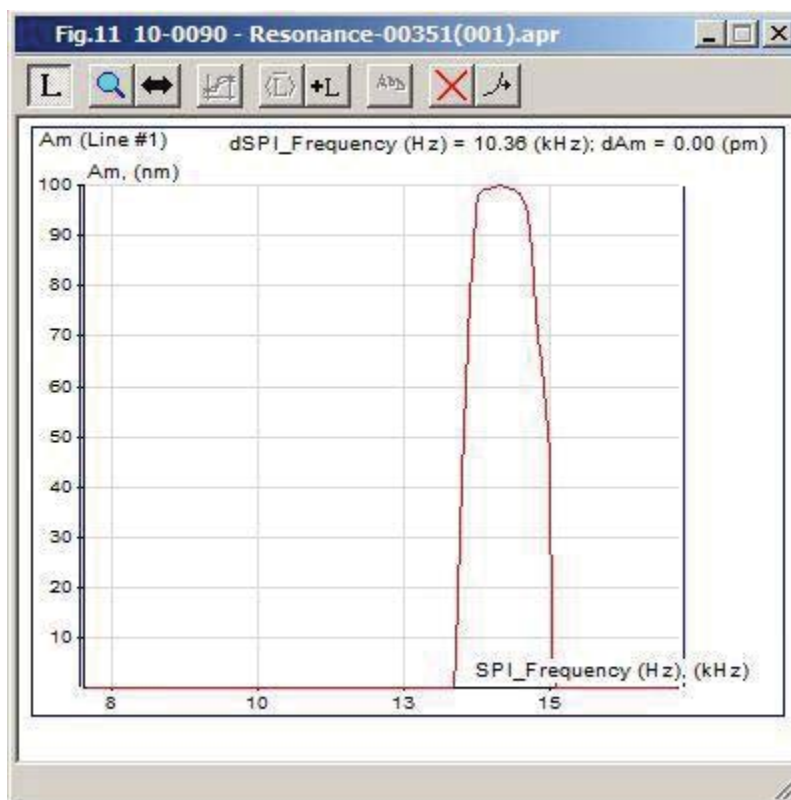
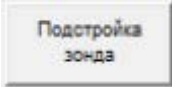




Рисунок Б.1 – Амплитудно-частотная характеристика

В случае если после автоматической настройки зонд не попал в состояние резонанса, требуется ручная настройка, заключающаяся в поиске частоты первого резонанса (зонд многорезонансный). Изменяя значение частоты в поле Частота пошагово в большую и меньшую стороны, найдите максимальное значение амплитуды. Если достигнуты предельные значения 115-120 нм (но не резонансный максимум), кликните Подстройка зонда , и продолжите поиск максимума амплитуды путем подбора значения Частота.

Настройка параметров обратной связи проводится следующим образом.



Параметры обратной связи Уставка и Коэфф. настраиваются до подвода к поверхности. После установки значения на индикаторе, его надо применить нажатием кнопки . Значения запоминаются в памяти при нажатии .

Вдали от поверхности надо найти значение Уставки, при котором зонд переходит из Z_{max} в положение Z_{min} . Затем установить значение Уставки на 1-2% меньше, чем минимальное значение, отгибаящее зонд в положение Z_{min} .

Параметр Коэфф. (коэффициент передачи обратной связи) стандартно устанавливается в диапазоне от 70 до 90 %. Эту величину можно менять во время работы, от параметра Коэфф. зависит скорость реакции обратной связи и, следовательно, точность прорисовки рельефа, а также устойчивость (отсутствие срывов зонда с поверхности).


Нажатием Сохранить параметры датчика (меню Файл), а также нажатием Сохранить параметры зонда (закладка Зонд) занесите в ячейки памяти параметры зонда, (эти значения будут использованы при следующей автоматической настройке прибора).

Установка образца.

Перед установкой образца на предметный столик прибора необходимо убедиться, что зонд отведен от поверхности на такое расстояние, чтобы избежать повреждения иглы или всего зонда случайным прикосновением. Если зонд не отведен, отведите его с помощью кнопок  или .

Устанавливают в качестве образца калиброванную меру ПРО-10 Т1.02.03. Калибровочная мера должна располагаться на предметном столике так, чтобы предполагаемое направление профилирования было перпендикулярно периодической структуре меры.

После установки образца необходимо осуществить грубый подвод, используя кнопку на панели Перемещение. Если зонд находится более чем в 2 мм от поверхности, рекомендуется использовать скорость «Быстро» или «Очень быстро». Когда зонд находится менее чем в 1-2 мм от поверхности, рекомендуется использовать медленную или нормальную скорость подвода.

Когда расстояние между иглой и поверхностью образца составит 0,5-1 мм следует запустить автоматический поиск поверхности с помощью кнопки . Зонд будет очень медленно приближаться к поверхности до контакта с ней.

После нахождения зондом поверхности подвод останавливается.

Профилирование.

После успешного завершения подвода запустите процедуру получения профилограммы поверхности калиброванной меры.

Элементы управления измерения профиля расположены на панели Измерения. В списке Режимы Измерения выбираем режим Профилометр. Далее задайте длину измеряемого профиля в поле Дистанция, скорость движения зонда при измерении в поле Скорость и выберите направление измерения профиля переключателем Направление Движения. Для запуска измерения нажмите кнопку Запуск внизу панели. Измерение завершится по достижении заданной длины или может быть остановлен кнопкой Стоп.

По завершении измерения откроется окно с измеренным профилем.

По полученному изображению строится гистограмма плотности распределения высот. Для этого выберите пункт Гистограмма высот в меню Обработка. Откроется новое окно, содержащее линию гистограммы высот для данной области поверхности.

Измеренная шероховатость указана под графиком (пример графика представлен на рисунке Б.2).

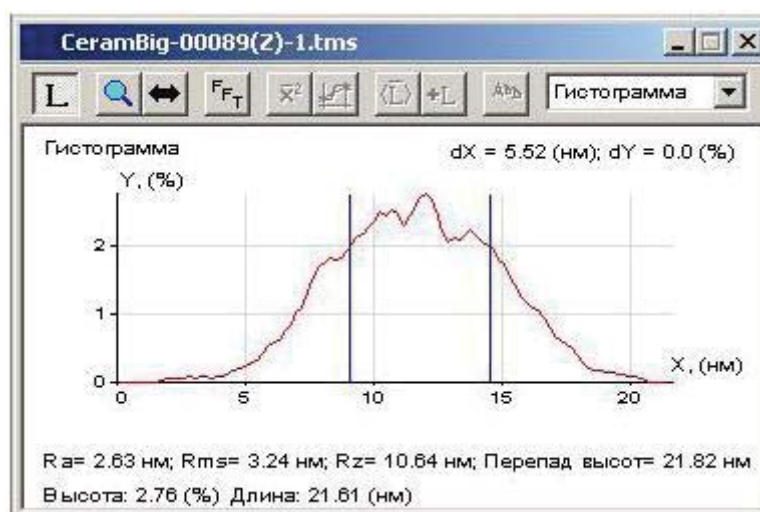


Рисунок Б.2 – Гистограмма распределения высот

Описание параметров шероховатости приведено в таблице Б.3.

Таблица Б.3. Определения параметров шероховатости.

Ra	средняя арифметическая шероховатость в нанометрах
Rms	средняя квадратичная шероховатость в нанометрах
Rz	$Rz=1/5(Z_{max1}+ Z_{max2}+ Z_{max3}+ Z_{max4}+ Z_{max5} -Z_{min1}- Z_{min2}- Z_{min3}- Z_{min4}- Z_{min5})$, десять точек по высоте, параметр выражает шероховатость поверхности по выбранным пяти максимальным высотам и впадинам в нанометрах

Получить профилограммы и по полученным данным провести измерение параметра шероховатости R_a не менее 3 раз.

По полученным данным вычислить значение погрешности измерения параметра шероховатости R_a .

Зафиксировать полученное значение в протокол калибровки ЭОСНП.

ЭОСНП считается прошедшим поверку, если значение погрешности измерения параметра шероховатости R_a составляет: $\pm 10\%$, но не менее 0,01 мкм.

7.4 Определение погрешности измерения параметра шероховатости R_{max} .

По полученным в п.7.3 настоящей методики профилограммам вычислить значение погрешности измерения параметра шероховатости R_{max} .

Зафиксировать полученное значение в протокол калибровки ЭОСНП.

ЭОСНП считается прошедшим поверку, если значение погрешности измерения параметра шероховатости R_{max} составляет: $\pm 10\%$, но не менее 0,01 мкм.

8. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КАЛИБРОВКИ

Результаты калибровки заносят в протокол, форма которого дана в Приложении БА.

ПРИЛОЖЕНИЕ БА. ПРОТОКОЛ КАЛИБРОВКИ ЭОСНП

ПРОТОКОЛ
калибровки ЭОСНП

№ _____

Серийный номер ЭОСНП: _____

Предприятие-изготовитель: _____

Прибор принадлежит: _____

Поверка/калибровка производилась с помощью мер: _____

Результаты калибровки:

Результаты осмотра: _____

Результаты опробования: _____

Калибруемые параметры	Измеренные значения	Действительные значения

Заключение о пригодности к эксплуатации: _____

Заключение о результатах поверки: _____

Калибровку/поверку производил: _____ / _____

(Ф.И.О.)

«__» _____ 20__ г.

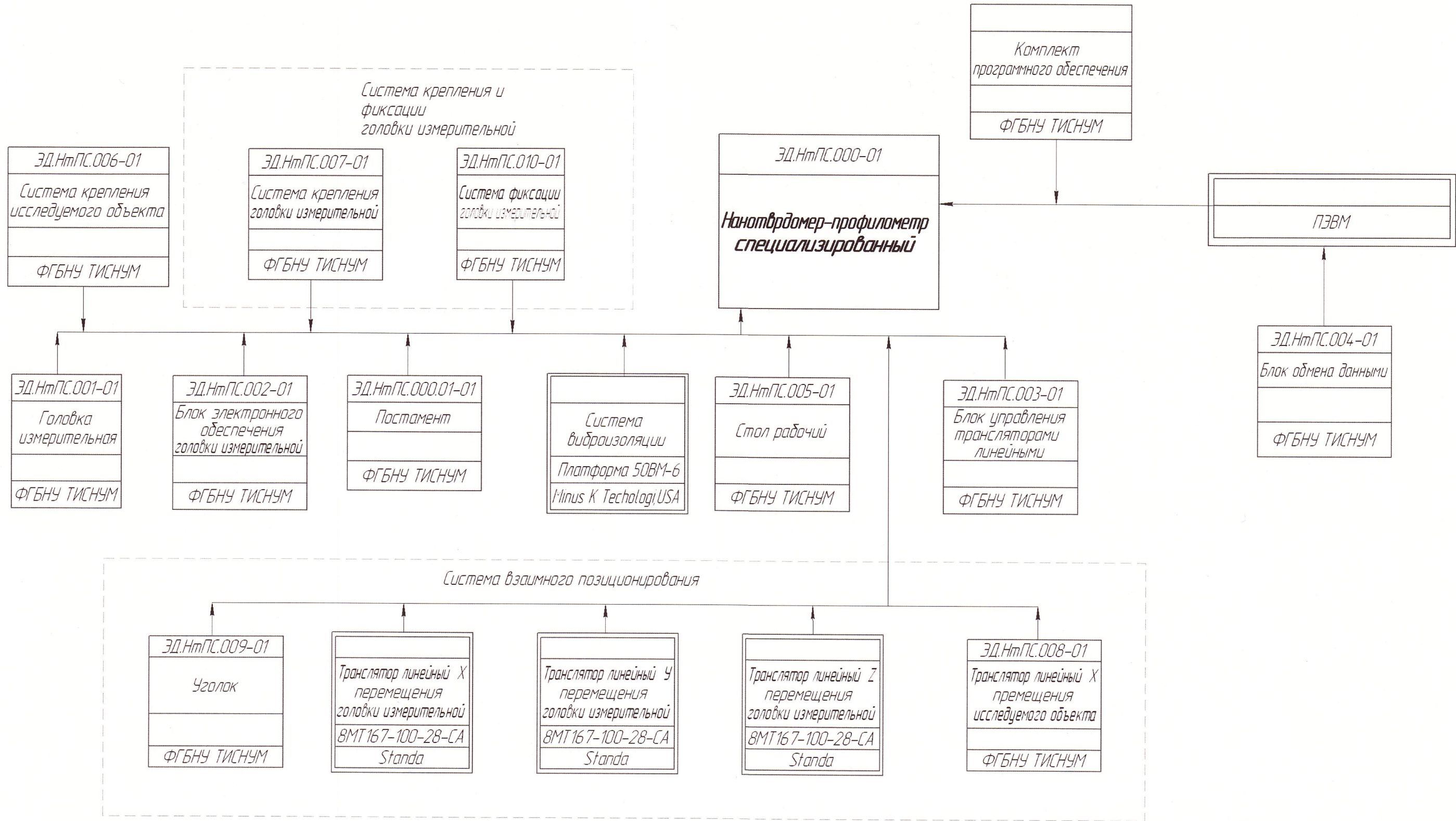
ПРИЛОЖЕНИЕ В. ОТКОРРЕКТИРОВАННАЯ ЭСКИЗНАЯ КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ЭД.НтПС.000-01 НА ЭОСНП

В данном Приложении приведен комплект откорректированной эскизной конструкторской документации ЭД НтПС.000-01 на разрабатываемый экспериментальный образец специализированного нанотвердомера-профилометра, разрабатываемого в рамках прикладного научного исследования по лоту шифр 2014-14-579-0067 по теме: «Разработка специализированного нанотвердомера-профилометра и методов контроля физико-механических свойств внутренних поверхностей открытых и глухих каналов для применения в машиностроении и авиакосмической отрасли» (шифр заявки «2014-14-579-0067-007»), уникальный идентификатор проекта RFMEFI57714X0088.

ЭКД откорректирована по результатам выполнения работ по п.4.2 плана-графика ПНИ по выявлению недочетов в конструкции ЭОСНП. Состав комплекта эскизной конструкторской документации:

- Схема деления ЭД.НтПС.000-01 Е1 в соответствии с ГОСТ 2.711-84;
- Схема электрическая функциональная ЭД.НтПС.000-01 Э2 в соответствии с ГОСТ 2.701-84;
- Схема электрическая соединений (монтажная) и подключения объединенная ЭД.НтПС.000-01 Э0 в соответствии с ГОСТ 2.701-84;
- Чертёж общего вида ЭД.НтПС.000 ВО в соответствии с ГОСТ 2.102-68.

В рамках комплекта ЭКД схема электрическая монтажная (п. 6.1.3.4 ТЗ) отсутствует в виде отдельного документа, поскольку в соответствии с ГОСТ 2.701-84 является синонимом схемы электрической соединений. Кроме того, схема электрическая (монтажная) соединений совмещена со схемой подключения, поскольку это является целесообразным с точки зрения обеспечения работоспособности прибора в целом.

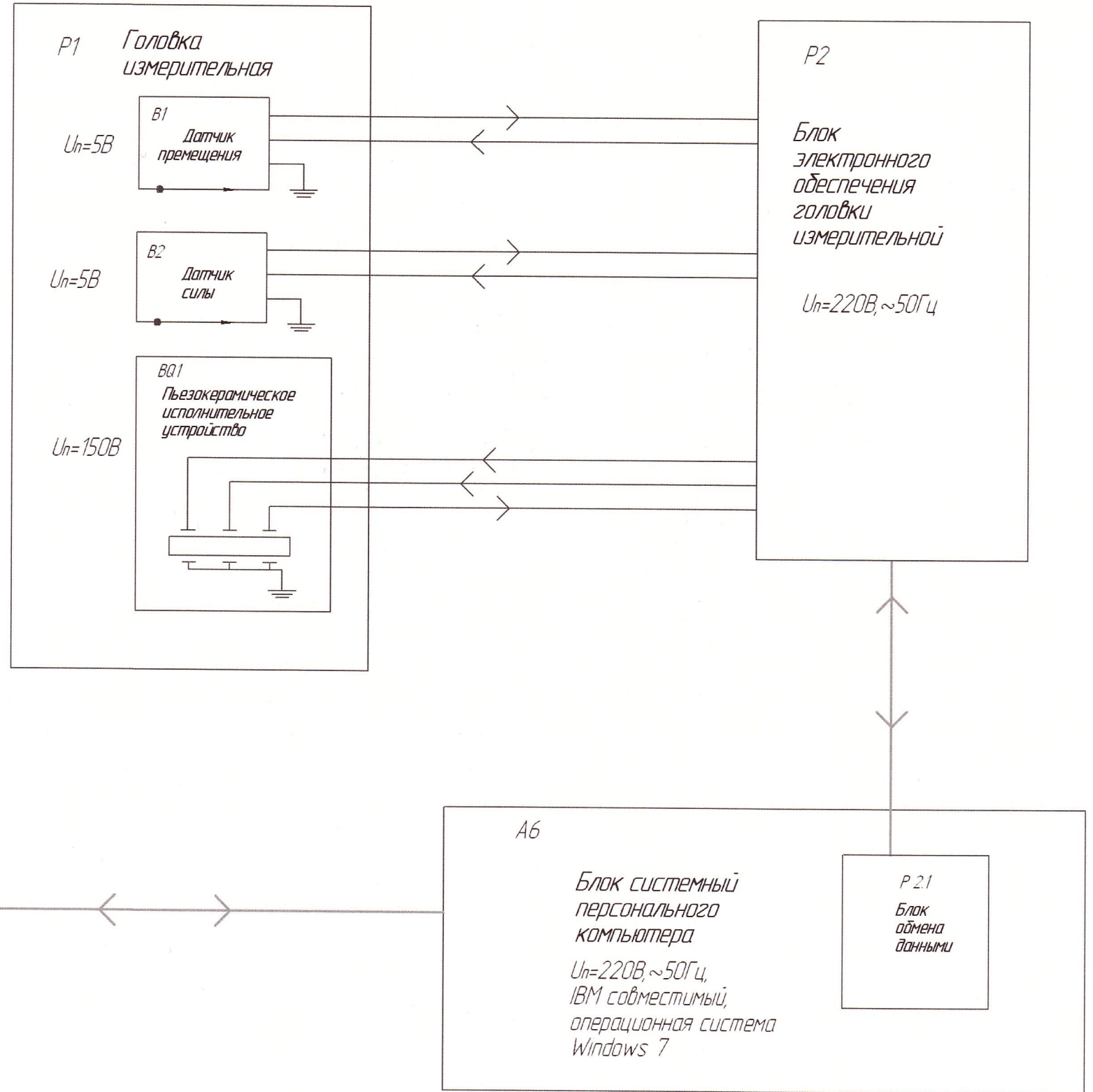
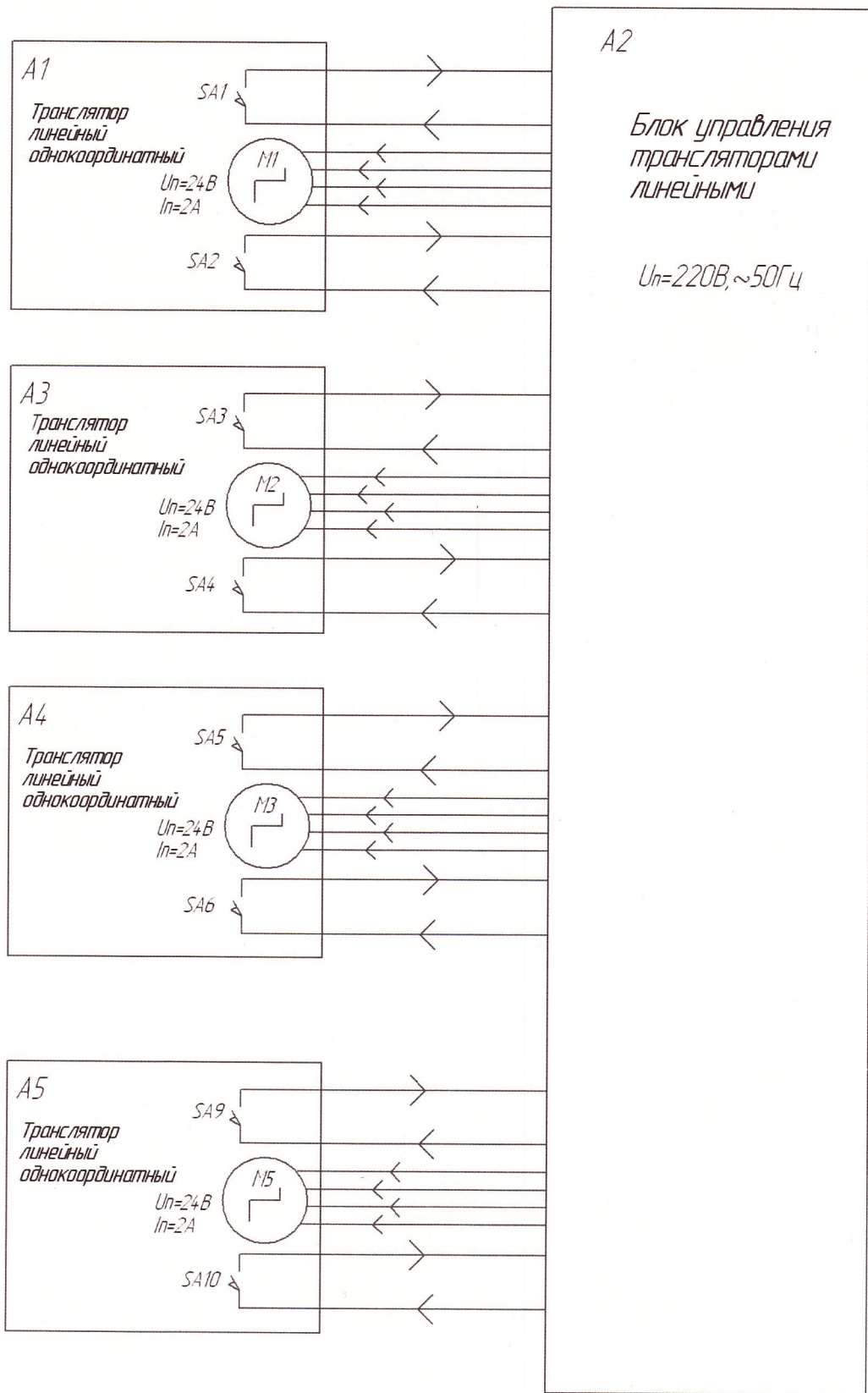


В строке 4 указан изготовитель

Перв. примен.
Строч. №
Подп. и дата
Инд. № докл.
Инд. № докл.
Инд. № докл.

					ЭД.НмПС.000-01 Е1		
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Нанотвердомер-профилометр специализированный	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Мелекесова	Мелекесова	30.06.16	Схема деления			1:1
Проб.	Решетов	Решетов	30.06.16		Лист	Листов	1
Т.контр.	Сичевский	Сичевский	30.06.16		ФГБНУ ТИСЧУМ		
И.контр.	Сапрыкин	Сапрыкин	30.06.16				
Утв.							Формат А2

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Взам. инв. № / Инв. № дораб.
Подп. и дата
Инв. № подл.

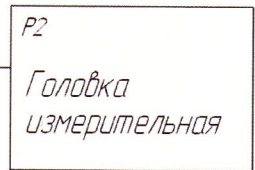
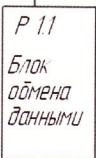
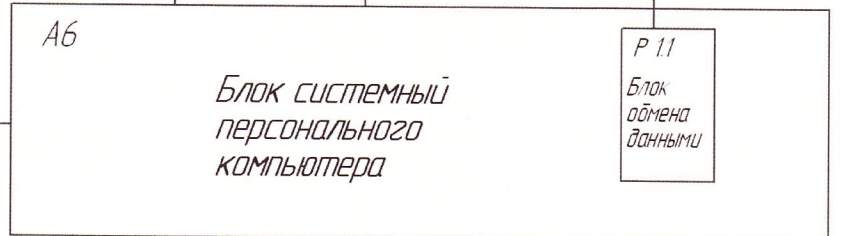
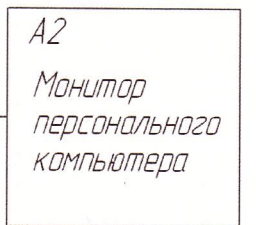
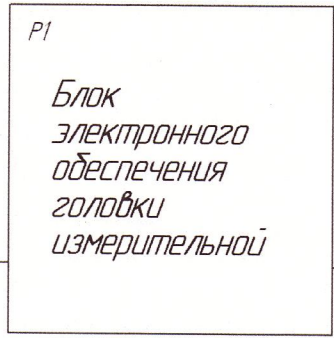
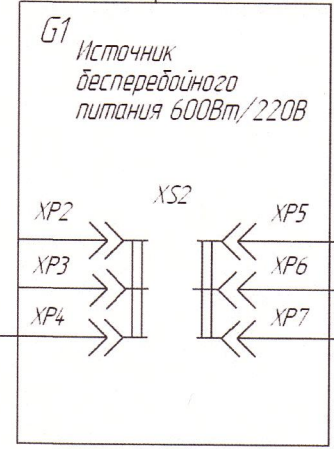
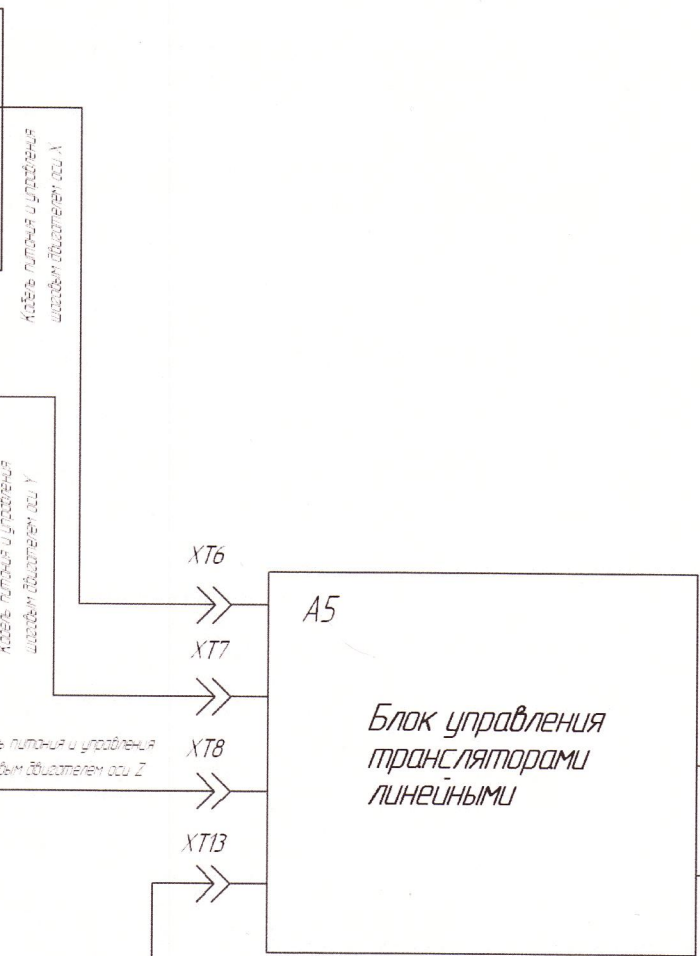
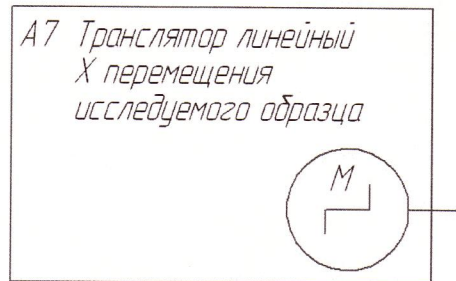
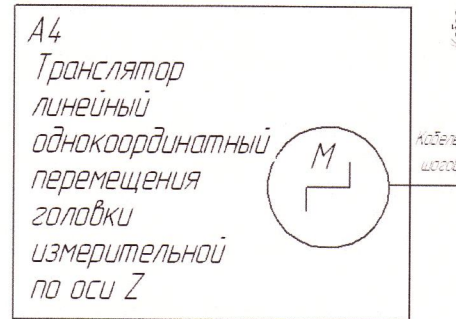
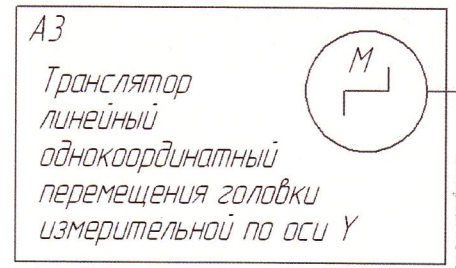
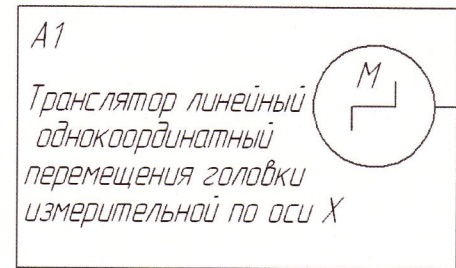


				ЭД.ИТПС.000-01 Э2			
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Нанотердметр-профилометр специализированный Схема электрическая функциональная	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Мелекесова	Мелекесова	30.06.16				1:1
Проб.	Решетов	Решетов	30.06.16		Лист	Листов	1
Т.контр.	Сичевский	Сичевский	30.06.16				
Н.контр.	Сапрыкин	Сапрыкин	30.06.16				ФГБНУ ТИСЧУМ
Утв.							

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание					
Перв. примен.	A1,A3,A4	Транслятор линейный однокоординатный 8MT167-100-28-CA	3					
	A2	Блок управления трансляторами линейными	1					
	A5	Транслятор линейный X	1					
Справ. №	A6	Блок системный персонального компьютера	1					
	B1	Датчик перемещения элемента P1	1					
	B2	Датчик силы элемента P1	1					
	BQ1	Пьезокерамическое исполнительное устройство элемента P1	1					
	M1,M3,M4	Двигатель шаговый элементов A1,A3,A4	3					
Подп. и дата	M5	Двигатель шаговый элемента A5	1					
	M6	Двигатель шаговый элемента A6	1					
Инв. № дцкл.	P1	Головка измерительная	1					
	P2	Блок электронного обеспечения головки измерительной	1					
Взам. инв. №	P2.1	Блок обмена данными	1					
	SA1-SA10	Микропереключатель концевой	10					
Подп. и дата								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЭД.ИМП.000-01 ПЭ 32		
	Разраб.	Мелекесова	Альш	30.06.16				
	Пров.	Решетов	А.Ф.	30.06.16		Лит.	Лист	Листов
	Н.контр.	Сапрыкин	О	30.06.16			1	1
Утв.				Нанотвердомер-профилометр специализированный Перечень элементов схемы электрической функциональной			ФГБНУ ТИСНУМ	

Копировал

Формат А4



Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Лист № подл.

Кабель питания и управления
шаговым электродвигателем осей X, Y, Z

Кабель электропитания

Кабель USB обмена данными с ПЭВМ

Кабель электропитания

Кабель электропитания

XT2

XT5

XT1

Кабель обмена данными с ПЭВМ

XT12

XT11

XT10

XT9

XT8

XT7

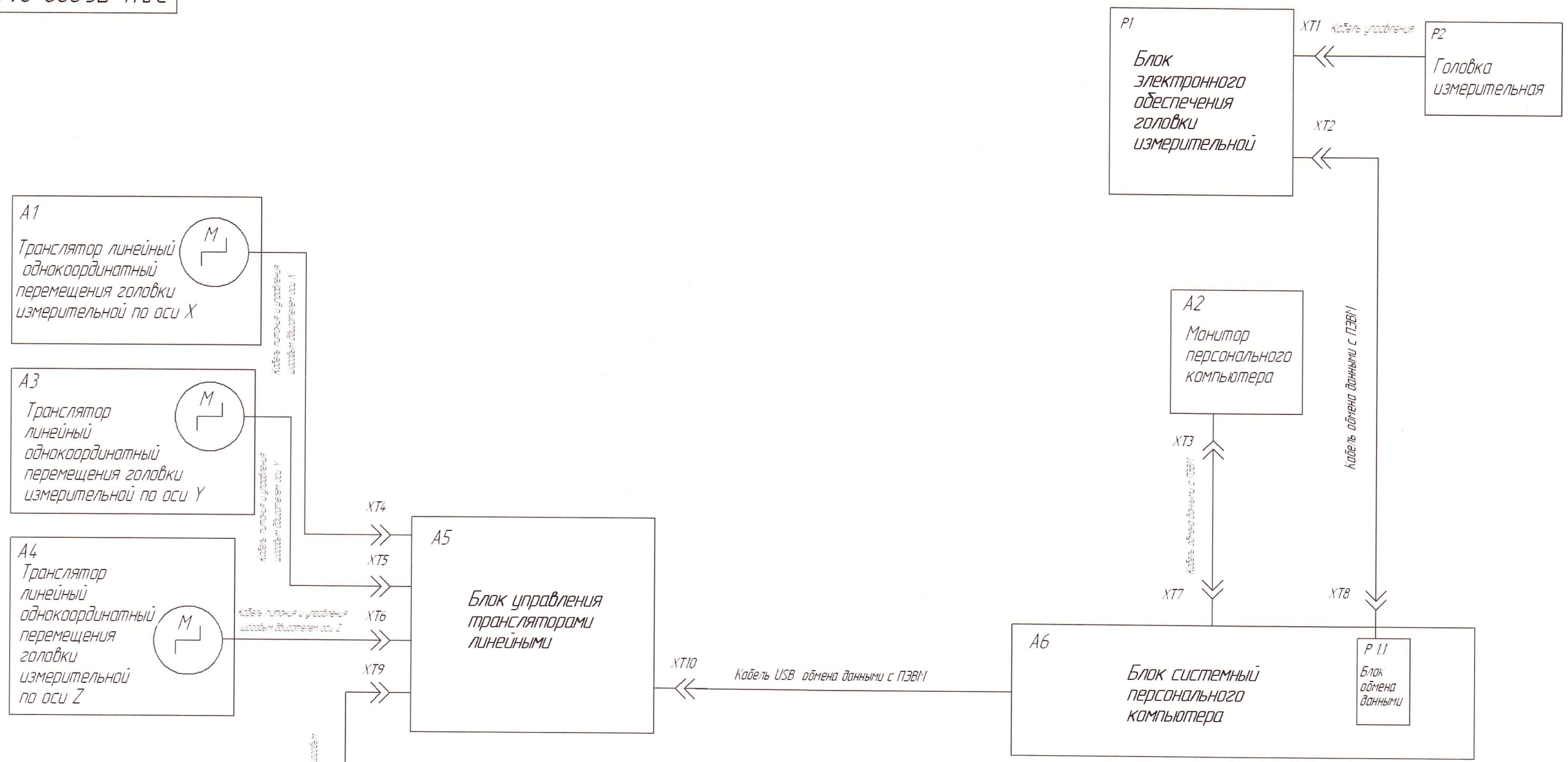
XT6

1. Все блоки нанотвердомера-профилометра ЭД.НтПС.000-01 находятся в одном помещении.
2. Кабель управления и обмена данными с ПЭВМ входит в комплект поставки элемента А2.
3. Клавиатура и мышь подключаются к системному блоку ПЭВМ в соответствии с документацией на ПЭВМ (на схеме не показаны).
4. Элементы А1, А3, А4, А7 входят в состав системы взаимного позиционирования.

				ЭД.НтПС.000-01 ЭО			
Изм. Лист	№ док.им.	Подп.	Дата	Нанотвердомер-профилометр специализированный схема электрическая соединений и подключения объединенная	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Мелекесова	В.И.Иванов					1:1
Проб.	Решетов	В.И.Иванов			Лист	Листов	1
Т.контр.	Сичевский	В.И.Иванов			ФГБНУ ТИСНУМ		
Н.контр.	Сапрыкин	В.И.Иванов					
Утв.				Копиробот			Формат А2

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЭД.ИМП.С.000-01 ПЭ 30		
																Лит	Лист	Листов
A1,A3,A4	Транслятор линейный однокоординатный 8MT167-100-28-CA	3	Standa															
A2	Монитор персонального компьютера	1																
A5	Блок управления трансляторами линейными	1	ФГБНУ ТИСЧУМ															
A6	Блок системный персонального компьютера	1																
A7	Транслятор линейный X	1	ФГБНУ ТИСЧУМ															
G1	Источник бесперебойного питания 600 Вт/200 В	1																
P1	Блок электронного обеспечения головки измерительной	1	ФГБНУ ТИСЧУМ															
P1.1	Блок обмена данными	1	ФГБНУ ТИСЧУМ															
P2	Головка измерительная	1	ФГБНУ ТИСЧУМ															
ЭД.ИМП.С.000-01 ПЭ 30																		
Нанотвердомер-профилометр специализированный																		
Перечень элементов схемы электрической соединений и подключения объединённой																		
ФГБНУ ТИСЧУМ																		
Копировал																		
Формат А4																		

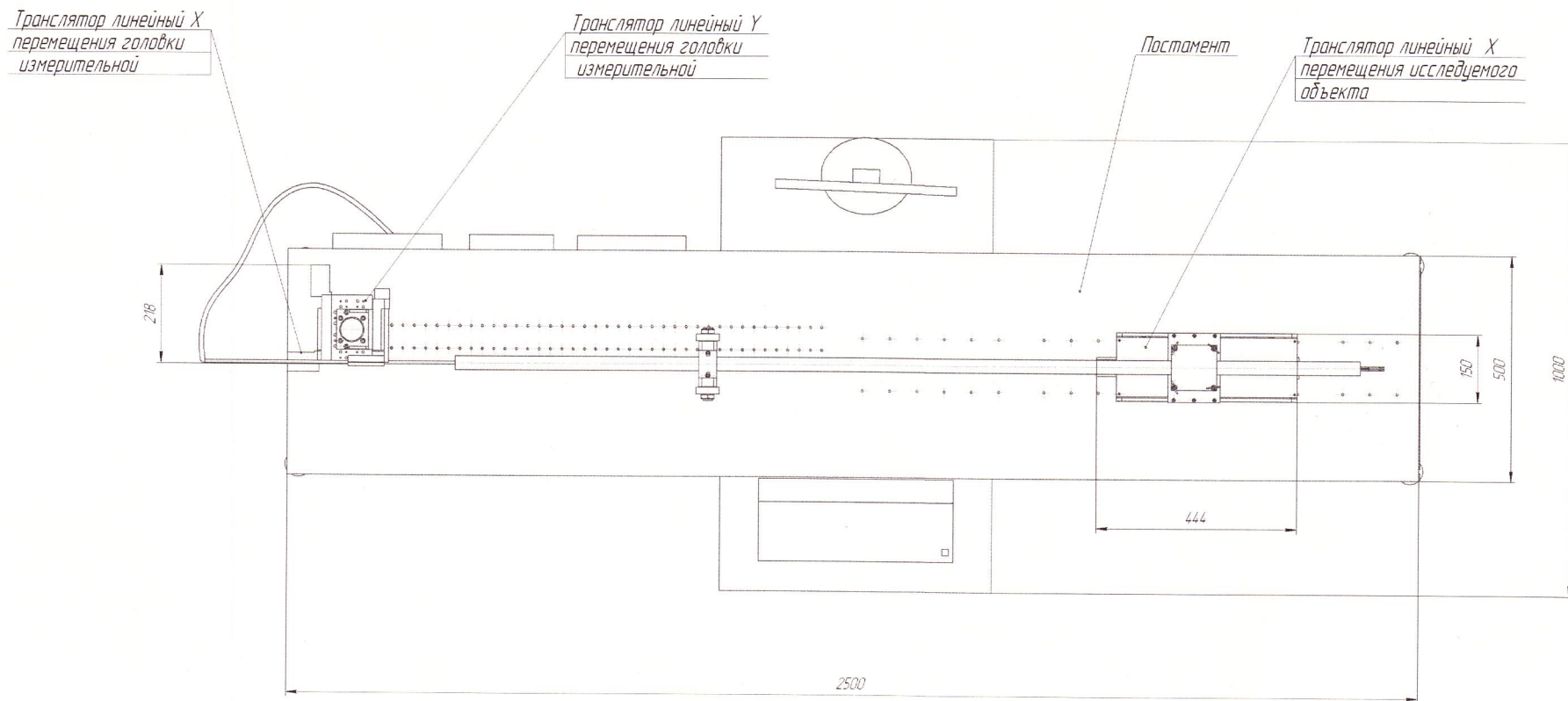
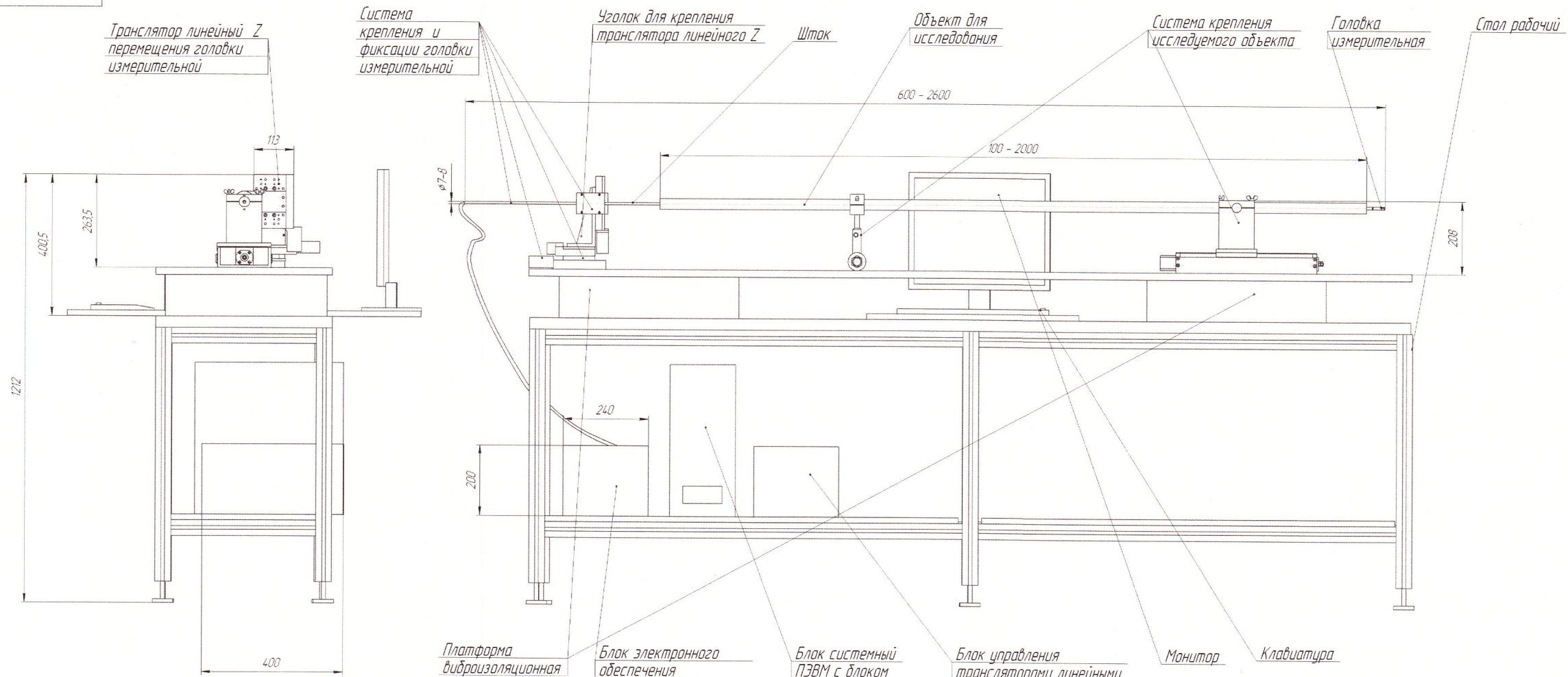
Лист № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № докум.	Подп. и дата	Стр. №	Перв. примен.



1. Все блоки нанотермометра-профилометра ЭД.НМП.С.000-01 находятся в одном помещении.
2. Кабель управления и обмена данными с ПЭВМ входит в комплект поставки элемента А2.
3. Клавиатура и мышь подключаются к системному блоку ПЭВМ в соответствии с документацией на ПЭВМ (на схеме не показаны).
4. Элементы А1, А3, А4, А7 входят в состав системы взаимного позиционирования.

ЭД.НМП.С.000-01 34						Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Нанотермометр-профилометр специализированный схема электрическая монтажная	11		1
Разраб.	Мелекесова	С.М.	29.06.16					
Проб.	Решетов	Р.В.	29.06.16					
Т.контр.	Сичевский	В.В.	29.06.16					
Н.контр.	Сапрыкин	О.В.	29.06.16					
Утв.					Лист	Листов	1	
						ФГБНУ ТИСЧУМ		

Перв. примен.	Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №	A1, A3, A4	Транслятор линейный однокоординатный 8MT167-100-28-CA	3	Standa
	A2	Монитор персонального компьютера	1	
	A5	Блок управления трансляторами линейными	1	ФГБНУ ТИСЧУМ
	A6	Блок системный персонального компьютера	1	
	A7	Транслятор линейный X	1	ФГБНУ ТИСЧУМ
	G1	Источник бесперебойного питания 600 Вт/200 В	1	
	P1	Блок электронного обеспечения головки измерительной	1	ФГБНУ ТИСЧУМ
	P1.1	Блок обмена данными	1	ФГБНУ ТИСЧУМ
	P2	Головка измерительная	1	ФГБНУ ТИСЧУМ
	Подп. и дата			
Взам. инв. №				
Инв. № дцкл.				
Подп. и дата				
Инв. № подл.	Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
	Разраб.	Мелекесова	Щев	30.06.16
	Проб.	Решетов	Решетов	30.06.16
	Н.контр.	Сапрыкин	Сапрыкин	30.06.16
	Утв.			
ЭД.ИМП.С.000-01 ПЭ 34				
Нанотвердомер-профилометр специализированный				
Перечень элементов схемы электрической монтажной				
			Лит.	Лист
				1
			Листов	
			1	
ФГБНУ ТИСЧУМ				



Техническая характеристика

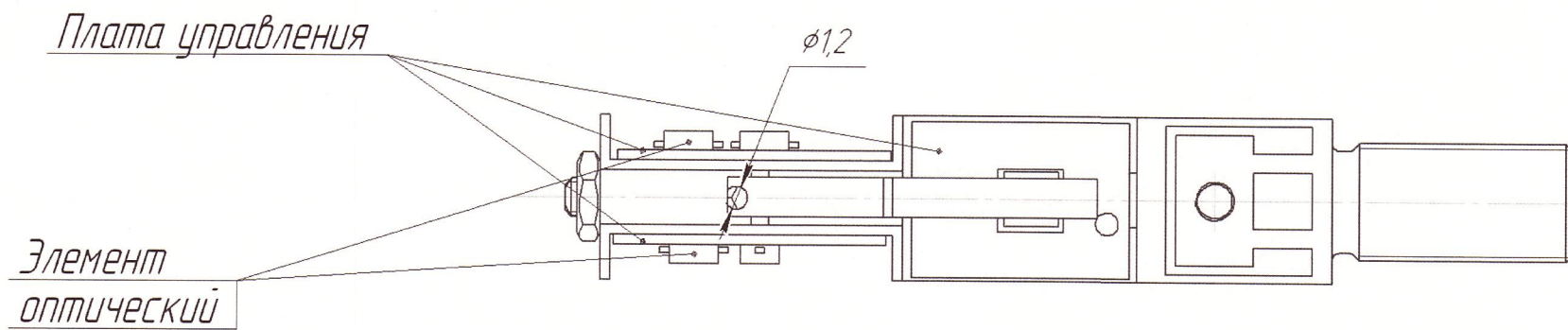
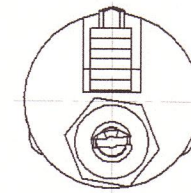
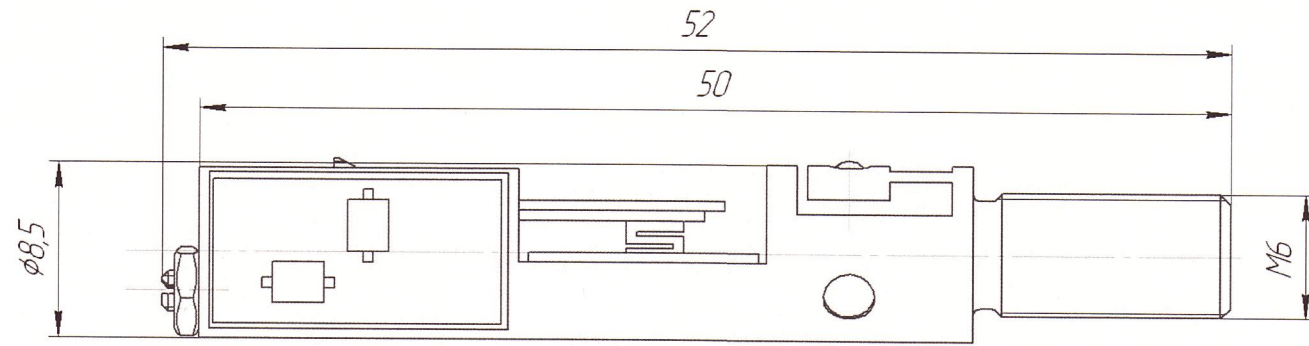
Геометрические параметры измеряемого объекта минимальный внутренний диаметр	9 мм
Диапазон расстояний для проведения измерений от края измеряемого объекта	до 2000 мм
Методы измерений: а)нашероховатости поверхности б)твёрдости материала в)модуля упругости материала	а)оптический сканирующий зондовый микроскопия б)инструментальное индентирование в)инструментальное индентирование
Диапазон измеряемых значений шероховатости поверхности с точностью ±10% (но не менее 0,01 мкм)	Ra- от 0,1 до 10 мкм Rmax- от 0,01 до 35 мкм
Усилие воздействия индентора на поверхность исследуемого объекта при измерении шероховатости не более	0,5 мН
Диапазон измеряемых значений твёрдости с точностью ±10% (но не менее 0,05 ГПа)	от 0,05 до 50 ГПа
Диапазон измеряемых значений модуля упругости с точностью ±10% (но не менее 0,5 ГПа)	от 3 до 600 ГПа
Диапазон глубины внедрения индентора при измерении твёрдости и модуля упругости с точностью ±10% (но не менее 0,01 мкм)	от 0,01 до 5 мкм
Диапазон нагрузок, прикладываемых к индентору при измерении твёрдости и модуля упругости с точностью ±10% (но не менее 0,1 мН)	от 0,1 до 60 мН

1 Чертеж рассматривать совместно с соответствующим этапным отчетом по прикладному научному исследованию.
2 Кабели электрического соединения между элементами на чертеже не показаны.

Лист 1 из 1
ЭЦЩНТЕ
09 10-000ЭЦЩНТЕ

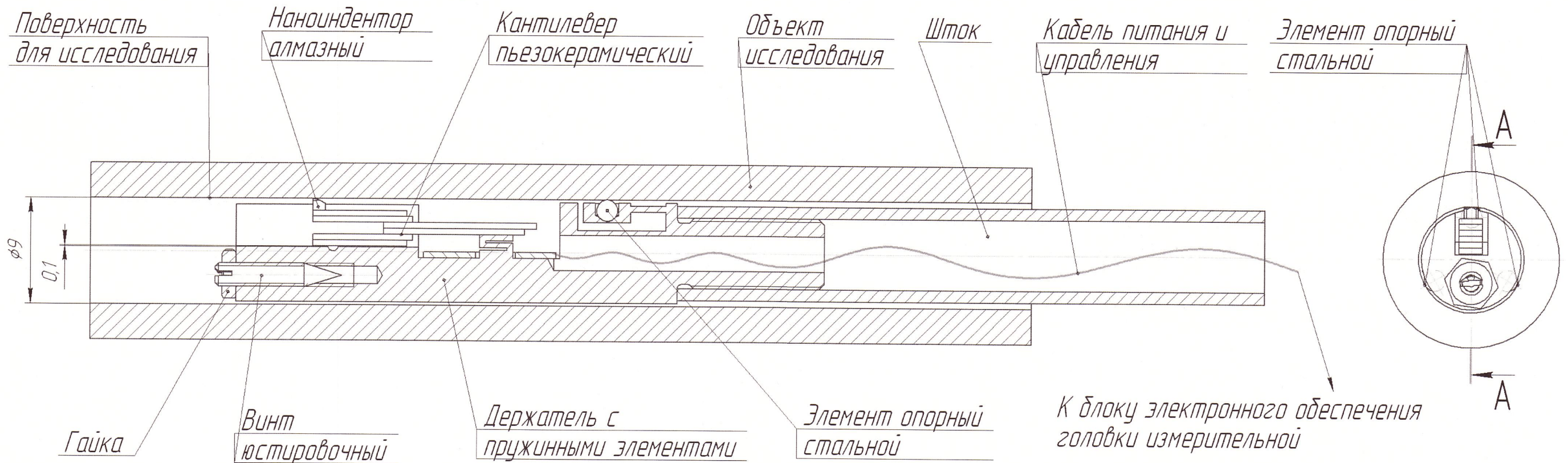
ЭД.НмПС.000-01 ВО			Лист	15
Исполнитель	Инженер	Н.И. Вдовин	Наименование-проектируемый объект	Нанобертомер-продолжитель
Проверен	Инженер	В.В. Вдовин	Специализированный чертеж	15
Лист	1	1	Чертёж общего вида	2
Исполнитель	Инженер	В.В. Вдовин	ФГУП ТИИИИИ	Фигуры 10

Головка измерительная



Размещение головки измерительной внутри исследуемого объекта

A-A(4:1)



Изм. № подл. Подп. и дата
 Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата
 Подп. и дата

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. КОМПЛЕКТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

В данном Приложении приведена дополнительная программная документация на разрабатываемое программное обеспечение в соответствии с требованиями Технического задания прикладного научного исследования по лоту шифр 2014-14-579-0067 по теме: «Разработка специализированного нанотвердомера-профилометра и методов контроля физико-механических свойств внутренних поверхностей открытых и глухих каналов для применения в машиностроении и авиакосмической отрасли» (шифр заявки «2014-14-579-0067-007»), уникальный идентификатор проекта RFMEFI57714X0088.

На этапе 4 работ по результатам выявления недочетов в конструкции экспериментального образца специализированного нанотвердомера-профилометра и корректировки документации, электрических схем и программного обеспечения в соответствии с п.4.2 плана-графика разработаны дополнительные блоки: «блок автоматизации измерений» и «блок параллельных вычислений».

Состав программной документации по этим блокам представлен в следующем составе:

- Описание программы по ГОСТ 19.402-78;
- Руководство оператора по ГОСТ 19.505-79;
- Текст программы по ГОСТ 19.401-78;

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Технологический институт сверхтвердых
и новых углеродных материалов»
(ФГБНУ ТИСНУМ)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБНУ ТИСНУМ



В.Д. Бланк

«23» июня 2016 год



**НАНОТВЕРДОМЕР - ПРОФИЛОМЕТР
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ**

ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

RU.ЭДНтПС.00001-01 13 03 ЛУ

ПРОВЕРЕНО

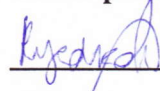
Заведующий отделом

А.С. Усеинов

«23» июня 2016 г.

РАЗРАБОТАНО

Стажер-исследователь



А.А. Русаков

«23» июня 2016 г.

НОРМОКОНТРОЛЕР



Е.Е. Сапрыкин

«23» июня 2016 г.

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

УТВЕРЖДЕН
RU.ЭДНТПС.00001-01 13 03-ЛУ

Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инва. № дубл.	Подп. и дата

**НАНОТВЕРДОМЕР - ПРОФИЛОМЕТР
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ**

Описание программы

RU.ЭДНТПС.00001-01 13 03

Листов 17

Аннотация

Настоящий документ содержит информацию об использовании программных блоков «блок автоматизации измерений» и «блок параллельных вычислений», входящих в состав программы НТП01.exe, предназначенной для работы с экспериментальным образцом прибора, разрабатываемым в рамках прикладного научного исследования по лоту шифр 2014-14-579-0067 по теме: «Разработка специализированного нанотвердомера-профилометра и методов контроля физико-механических свойств внутренних поверхностей открытых и глухих каналов для применения в машиностроении и авиакосмической отрасли» (шифр заявки «2014-14-579-0067-007»), уникальный идентификатор проекта RFMEFI57714X0088.

Документ описывает функциональное назначение программных блоков, описание их логической структуры, характеристики используемых технических средств, процедуры вызова и загрузки, а также описание входных и выходных данных.

Содержание

1. Общие сведения.....	226
2. Функциональное назначение	227
3. Описание логической структуры.....	229
4. Используемые технические средства.....	235
5. Вызов и загрузка.....	236
6. Входные данные	237
7. Выходные данные	238

1. Общие сведения

Обозначение и наименование программы: НТП01.exe.

Программное обеспечение, необходимое для функционирования программы:

- операционная система Microsoft Windows 7 / 8;
- драйвер для однопортового преобразователя USB в RS-232/422/485 модели Моха UPort 1150;
- распространяемый пакет Microsoft Visual C++ redistributable 2008 (x86).

2. Функциональное назначение

Программный блок «блок автоматизации измерений» предназначен для выполнения набора измерений методом инструментального измерения в автоматическом режиме без непосредственного участия оператора для запуска каждого нового измерения. Работа в таком режиме достигается за счет реализации языка специализированных инструкций – макрокоманд – соответствующих определенным процедурам процесса выполнения измерений (подвод индентора к поверхности, отвод от образца, нагружение, смещение и т.п.).

Функционально «блок автоматизации измерений» интегрирован в «блок управления датчиком», разработанный на этапе 2 работ по Соглашению. В «блоке автоматизации измерений» решаются следующие задачи:

- загрузка файла с инструкциями для выполнения измерений;
- проверка целостности файла, разбор строковых констант;
- формирование списка команд, заполнение параметров;
- передача параметров измерений в функции «блока управления датчиком»;
- отслеживание очереди выполнения команд.

Программный блок «блок параллельных вычислений» предназначен для повышения производительности обработки экспериментальных данных, полученных методом инструментального индентирования, и расчета значений твердости и модуля упругости. Повышение производительности достигается за счет параллельной обработки пакета данных. В качестве инструмента программной разработки была выбрана технология OpenMP (Open Multi-Processing). OpenMP – это открытый стандарт для распараллеливания программ на языке C/C++, который помогает оптимизировать создание многопоточных приложений.

Функционально «блок параллельных вычислений» интегрирован в «блок обработки экспериментальных данных», разработанный на этапе 2 работ по Соглашению. В «блок параллельных вычислений» реализованы следующие задачи:

- определение предельных характеристик производительности аппаратной части персонального компьютера, применяемого для управления ЭОСНП;

- расчет максимального объема вычислительных ресурсов, которые могут быть использованы без угрозы стабильности работы операционной системы и управляющего программного обеспечения ЭОСНП;

- выделение ресурсов процессора под задачи обработки данных;

- подготовка данных для параллельных вычислений;

- передача данных на расчет с использованием алгоритмов, реализованных в «блок обработки экспериментальных данных»;

- отслеживание параллельных вычислений;

- освобождение ресурсов процессора после завершения вычислений, сбор результатов.

Функциональные ограничения на применение: программа предназначена исключительно для работы с экспериментальным образцом прибора, разрабатываемым в рамках прикладного научного исследования по лоту шифр 2014-14-579-0067 по теме: «Разработка специализированного нанотвердомера-профилометра и методов контроля физико-механических свойств внутренних поверхностей открытых и глухих каналов для применения в машиностроении и авиакосмической отрасли» (шифр заявки «2014-14-579-0067-007»), уникальный идентификатор проекта RFMEFI57714X0088.

3. Описание логической структуры

Программные блоки «блок автоматизации измерений» и «блок параллельных вычислений» реализованы в виде структурных элементов типа «класс» языка C++. Данные классы в соответствии с моделью объектно-ориентированного программирования интегрированы в архитектуру исходного кода программы НПТ01.exe, разработанную на этапе 2 работ и дополненную на этапе 3.

Блок автоматизации измерений.

Класс CMacroCmd() реализует объект макрокоманды. Члены данного класса соответствуют основным параметрам выполнения измерений методом инструментального индентирования. Методы класса служат для идентификации типа макрокоманды, а также для индексирования объектов данного класса.

Int InitCmdType(CString sCmd); - функция инициализации параметров макрокоманды из текстового файла с инструкциями;

CString GetCmdName(int nCmdType); - получение строковой константы, соответствующей макрокоманде;

void CopyCmdData(CNSMacroCmd *pCmd); - скопировать параметры макрокоманды;

BOOL IsLoopEndCmd(CString sLine); - признак того, что достигнут конец цикла из макрокоманд;

int IsLoopStartCmd(CString sLine, int &nCmdCntInLoop); - признак того, что начат новый цикл из макрокоманд;

int m_nCmdType; - идентификатор типа макрокоманды

int m_nID; - порядковый номер макрокоманды в массиве

double m_fParam1; - свободный вещественный параметр;

int m_nParam1; - первый свободный целочисленный параметр;

int m_nParam2; - второй свободный целочисленный параметр

CString m_sParam1; - свободный строковый параметр

int m_nLoadingMode; - режим нагружения при индентировании
 int m_nLoadLimit; - физическое ограничение нагрузки
 int m_nLoadingRate; - скорость нарастания нагрузки
 int m_nHoldTime; - время на релаксацию после внедрения индентора
 int m_nTDriftTime; - время измерения термодрейфа при необходимости
 int m_nTDriftLevel; - уровень по нагрузке при измерении термодрейфа
 int m_nMacroSequenceSubID; - признак наличия связанной макрокоманды
 BOOL m_bWaitFeedback; - флаг необходимости ожидания ответа от макрокоманды;

Класс CMacroSequence() реализует очередь из макрокоманд – объектов типа CMacroCmd для управления последовательностью их выполнения.

CMacroCmd* GetNextCmd(); - функция получения указателя на объект, соответствующий следующей макрокоманде для исполнения;

CMacroCmd* GetCurrentCmd();- функция получения указателя на объект, соответствующий текущей выполняемой макрокоманде;

BOOL IsMacroCompleted(); - функция определения выполнена ли текущая макрокоманда;

void MacroSequence_Reset(); - очистка очереди макрокоманд;

void ResetMacrosArray(); - сброс массива макрокоманд, освобождение памяти;

BOOL MacroSequence_Load(CString sFName); - загрузка последовательности команд в память;

BOOL MacroSequence_MakeUpWithLoops(); - анализ списка макрокоманд, выявление циклических последовательностей и оптимизация набора команд;

unsigned FindLoopEnd(CTypedPtrArray<CPtrArray, CMacroCmd*> *pScript, unsigned nLoopBegin); - анализ циклических наборов команд;

unsigned RollCycle(CTypedPtrArray<CPtrArray, CMacroCmd*>
 *pScript, unsigned nStart, unsigned nEnd, unsigned nIter); - подготовка
 циклических наборов команд;
 std::vector<CString> m_sCmdLines; - массив строковых переменных,
 соответствующих пользовательским инструкциям;
 CTypedPtrArray<CPtrArray, CMacroCmd*> m_pMacros; - массив объектов
 типа макрокоманда;
 BOOL m_bMacroSequenceStarted; - флаг индикации запуска списка команд;
 BOOL m_bDoNextMacro; - флаг разрешения запуска следующей команды;
 int m_nNextMacroID; - идентификатор следующей команды в массиве;
 BOOL m_bFirstMacro; - флаг-признак запуска первой команды из нового
 массива непосредственно после загрузки в память;

Функция MacroSequence_Continue() используется для запуска
 следующей по порядку макрокоманды в очереди, реализованной в классе
 CMacroSequence, а также для отслеживания окончания выполнения
 автоматизированных измерений.

Блок параллельных вычислений.

Технология OpenMP реализует параллельные вычисления за счет
 многопоточности, в которой master-поток (главный) создает набор slave-
 потоков (рабочих) и распределяет объем вычислений между ними, при этом
 master-поток также производит вычисления. Желательно, но необязательно,
 чтобы общее количество потоков OpenMP было не больше количества
 рабочих ядер однопроцессорного компьютера, либо общего количества ядер
 многопроцессорной системы с архитектурой SMP (Symmetric Multiprocessing
 - Симметричное мультипроцессирование). Задание количества потоков
 выбирается автоматически на основании анализа текущей
 производительности персонального компьютера.

Работа OpenMP приложения начинается с единственного master-
 потока. В приложении могут содержаться параллельные регионы, входя в
 которые, основной поток создает группы рабочих потоков. В конце

параллельного региона группы потоков останавливаются, а выполнение основного потока продолжается. В параллельный регион могут быть вложены другие параллельные регионы, в которых каждый поток первоначального региона становится основным для своей группы потоков. Вложенные регионы могут в свою очередь включать регионы более глубокого уровня вложенности.

Для реализации параллельного выполнения блоков приложения нужно добавить в код директивы `#pragma` и, если нужно, воспользоваться функциями библиотеки OpenMP периода выполнения. Директивы `#pragma` имеют следующий формат:

```
#pragma omp <директива>
```

OpenMP поддерживает директивы `parallel`, `for`, `parallel for`, `section`, `sections`, `single`, `master`, `critical`, `flush`, `ordered` и `atomic`, которые определяют или механизмы разделения работы или конструкции синхронизации.

Директива — `parallel`. Она создает параллельный регион для следующего за ней структурированного блока.

```
#pragma omp parallel
блок кода
```

Эта директива сообщает компилятору, что блок кода должен быть выполнен параллельно, в заданном количестве потоков. Каждый поток будет выполнять один и тот же поток команд, но не один и тот же набор команд — все зависит от операторов, управляющих логикой программы, таких как `if-else`. Например,

```
#pragma omp parallel
{
    if(omp_get_thread_num() == 0) {
        wndProgress.SetRange(0, 100);
        wndProgress.SetText("");
        wndProgress.StepIt();
        wndProgress.PeekAndPump();
    }
}
```

условие `if` будет равно 0 только для `master`-потока. Соответственно работу по инициализации окна визуализации процесса обработки будет делать только один `master`-поток, а не все.

Директива — `for`. Относится к директивам разделения работы, которые применяются не для параллельного выполнения кода, а для логического распределения группы потоков, чтобы реализовать указанные конструкции управляющей логики. Директива `#pragma omp for` сообщает, что при выполнении цикла `for` в параллельном регионе итерации цикла должны быть распределены между потоками группы. В этом случае каждый поток получит равную статическую долю этого диапазона. В нашем случае такой подход не самый оптимальный, потому что инденты, которые делаются в самом начале, как правило, самые неглубокие и их обработка занимает мало времени, а последние инденты самые большие. Возникает ситуация, когда первые счетные потоки уже завершили свою работу, а последние даже не дошли до середины расчета.

Самым оптимальным оказалось использование механизма динамического планирования. Для его задания необходимо использовать конструкцию `schedule`(алгоритм планирования [, число итераций]).

```
#pragma omp for schedule(dynamic, 1)
for(int i = 0; i < nDocCnt; ++i) {...}
```

При динамическом планировании каждый поток выполняет указанное число итераций. После того как поток завершит выполнение заданных итераций, он переходит к следующему набору итераций. Так продолжается до тех пор, пока не будут пройдены все итерации. Последний набор итераций может быть меньше, чем изначально заданный. В этом случае потоки заканчивают работать почти одновременно.

При параллельном выполнении нескольких потоков, часто возникает необходимость их синхронизации. OpenMP предоставляет несколько типов синхронизации, помогающих избегать состояния гонки (`race condition`), т.е. ошибки проектирования многопоточного приложения, при которой работа приложения зависит от того, в каком порядке выполняются части кода.

Один из типов — неявная барьерная синхронизация, которая выполняется в конце каждого параллельного региона для всех сопоставленных с ним потоков. Механизм барьерной синхронизации

заключается в том, что выполнение приложения за параллельным регионом продолжится только тогда, когда все потоки достигнут его конца.

Второй тип — явная барьерная синхронизация. Для этого необходимо включить в код директиву `#pragma omp barrier` или `#pragma omp critical`. Работа явной барьерной синхронизации аналогична работе неявной. Отличие в том, что явную барьерную синхронизацию можно размещать в любом месте кода.

В качестве примера можно привести код из метода `Proc_LoadDocuments(...)`:

```
#pragma omp critical
{
    if(pRecord->m_nWindowTypeAllowed == 0) {
        bIsDocReadyToProcess = TRUE;
        pRecord->m_nWindowTypeAllowed = pNewDoc->m_nWindowType;
    }
    else {
        if(pRecord->m_nWindowTypeAllowed == pNewDoc->
m_nWindowType) {
            bIsDocReadyToProcess = TRUE;
        }
    }
}
```

Если в данном примере не поставить барьерную синхронизацию, то может возникнуть ситуация, когда в условие `if(pRecord->m_nWindowTypeAllowed == 0)` войдут несколько потоков и значение переменной `pRecord->m_nWindowTypeAllowed` будет проинициализировано последним зашедшим потоком, а не первым.

4. Используемые технические средства

Разрабатываемая программа предназначена для работы на IBM-совместимых персональных компьютерах. Операционная система: Microsoft Windows 7 / 8. Требования к аппаратному обеспечению персонального компьютера:

- CPU 2x2.6GHz Intel Celeron E3400
- Корпус: Case Crown ATX CMC-S09 400W black
- Motherboard ASUS P5G41T-M LX2-GB LGA775 PCI-E+SVGA+GbLAN SATA MicroATX 2xDDR-III
- Память: 1xDDR-III 2GB 1333GHz
- Жесткий диск: HDD 500GB ST500DM002 Seagate Barracude 7200
- Оптический привод: DVD-CD-RW
- Controller ST-Lab PCI-Ex1 U-610 USB 3.0 3ext+1int 1.5Mbps-12Mbps-480Mbps-5Gbps
- Keyboard Defender Cascade 960s silver-black USB
- Mouse Genius NetScroll 100 silver-black USB
- Monitor Philips 236V3LAB-00 black 23" TFT-TN LED Full HD 1920x1080 5ms audio 2x1,5W

Для корректной работы программы требуется установка в персональный компьютер платы сбора данных KPD Profi-card, а также подключение однопортового преобразователя USB в RS-232/422/485 модели Моха UPort 1150. Рекомендуется при подключении к сети питания использовать источник бесперебойного питания.

Для работы программы не требуется подключения каких-либо других периферийных устройств.

5. Вызов и загрузка

Программа НТП01.exe имеет стандартный оконный интерфейс операционной системы Microsoft Windows, поэтому для работы с ней необходимо владеть базовыми навыками работы в данной ОС.

Для работы программы блок электроники прибора должен быть подключен к плате сбора данных и включен в электрическую сеть.

Для запуска программы необходимо вызвать исполняемый файл с расширением exe, расположенный на жестком диске ПК. Не допускается запускать программу с других носителей (CD, USB и др.).

Точка входа в программу:

C:\НТП\НТП01.exe

6. Входные данные

Входными данными для работы программного блока «блок автоматизации измерений» являются текстовые файлы с инструкциями. Формат инструкций указан в документе Руководство оператора RU.ЭДНтПС.00001-01 34 03. Текстовые файлы могут иметь произвольное наименование и место хранения.

Входными данными для «блока параллельных вычислений» являются бинарные файлы, содержащие значения сигналов, записанные в процессе выполнения измерений методом инструментального индентирования.

Перед запуском программы не требуется предварительная подготовка входных данных. Все необходимые изменения параметров и настроек производятся из пользовательского интерфейса программы. Кодирование и шифрование входных данных не предусмотрено.

7. Выходные данные

Выходными данными программы являются следующие файлы:

- текстовые файлы, содержащие отладочные сообщения алгоритмов цифровой обработки сигналов; данные файлы располагаются в подкаталоге «Лог» рабочего каталога программы;

- бинарные файлы, содержащие измененные значения сигналов, полученные в результате применения к ним алгоритмов обработки; файлы со значениями сигналов располагаются в подкаталоге «Данные» в рабочем каталоге программы.

Кодирование и шифрование выходных данных не предусмотрено.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Технологический институт сверхтвердых
и новых углеродных материалов»
(ФГБНУ ТИСНУМ)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБНУ ТИСНУМ


В.Д. Бланк

«23» июня 2016 год

**НАНОТВЕРДОМЕР - ПРОФИЛОМЕТР
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ**

РУКОВОДСТВО ОПЕРАТОРА

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

RU.ЭДНТПС.00001-01 34 03 ЛУ

ПРОВЕРЕНО

Заведующий отделом


А.С. Усеинов

«23» июня 2016 г.

РАЗРАБОТАНО

Стажер-исследователь


А.А. Русаков

«23» июня 2016 г.

НОРМОКОНТРОЛЕР


Е.Е. Сапрыкин

«23» июня 2016 г.

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

УТВЕРЖДЕН
RU.ЭДНгПС.00001-01 13 03-ЛУ

**НАНОТВЕРДОМЕР - ПРОФИЛОМЕТР
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ**

Руководство оператора

RU.ЭДНгПС.00001-01 34 03

Листов 10

<i>Инва. № подл.</i>	
<i>Подп. и дата</i>	
<i>Взам. инв. №</i>	
<i>Инва. № дубл.</i>	
<i>Подп. и дата</i>	

СОДЕРЖАНИЕ

1. Назначение программы	242
2. Условия выполнения программы	243
3. Выполнение программы	244
3.1 Включение / выключение программы НТП01	244
3.2 Порядок работы.....	244
4. Сообщения оператору.....	248

1. Назначение программы

В данном документе приведено руководство оператора для работы с программными блоками «блок автоматизации измерений» и «блок параллельных вычислений» программы НТП01.exe, предназначенной для управления процессом выполнения измерений с помощью ЭОСНП.

Блок автоматизации измерений предназначен для оптимизации временных затрат рабочего времени оператора, а также для повышения производительности измерений при проведении большого количества однотипных измерений методом инструментального индентирования. Данный режим измерений реализован при помощи специализированного языка макрокоманд, с помощью которого алгоритм работы прибора может быть запрограммирован оператором. Программирование выполняется путем набора нужной последовательности команд в любом текстовом редакторе и сохранения его в виде текстового файла. При активации режима автоматизированных измерений данный файл с инструкциями загружается в память ПК блоком автоматизации измерений, анализируется и затем передается на выполнение.

Блок параллельных вычислений предназначен для ускорения обработки больших наборов данных за счет организации параллельных вычислений. Ускорение обеспечивается за счет использования нескольких ядер (физических или виртуальных) процессора персонального компьютера, управляющего работой ЭОСНП.

2. Условия выполнения программы

Технические средства, необходимые для применения программы:

1. Персональный компьютер:

- CPU 2x2.6GHz Intel Celeron E3400
- Корпус: Case Crown ATX CMC-S09 400W black
- Motherboard ASUS P5G41T-M LX2-GB LGA775 PCI-E+SVGA+GbLAN SATA MicroATX 2xDDR-III
- Память: 1xDDR-III 2GB 1333GHz
- Жесткий диск: HDD 500GB ST500DM002 Seagate Barracude 7200
- Оптический привод: DVD-CD-RW
- Controller ST-Lab PCI-Ex1 U-610 USB 3.0 3ext+1int 1.5Mbps-12Mbps-480Mbps-5Gbps
- Keyboard Defender Cascade 960s silver-black USB
- Mouse Genius NetScroll 100 silver-black USB
- Monitor Philips 236V3LAB-00 black 23" TFT-TN LED Full HD 1920x1080 5ms audio 2x1,5W

2. Источник бесперебойного питания.

3. Плата сбора данных KPD Profi-card.

4. Однопортовый преобразователь USB в RS-232/422/485 модели Моха **UPort 1150**.

5. Специализированный нанотвердомер-профилометр.

Программное обеспечение, необходимое для функционирования программы:

1. Операционная система Microsoft Windows 7 / 8;
2. Драйвер для однопортового преобразователя Моха UPort 1150;
3. Распространяемый пакет Microsoft Visual C++ redistributable 2008 (x86).

3. Выполнение программы

3.1 Включение / выключение программы НТП01

Включение программы осуществляется путем запуска файла НТП01.exe.

Выключение программы осуществляется путем нажатия кнопки Выход, расположенной в меню Файл.

3.2 Порядок работы

Ниже описаны макрокоманды, реализованные в данном программном блоке для автоматизации процесса выполнения однотипных измерений.

Макрокоманды пишутся в обычном текстовом файле, по одной команде в строке. Все слова и параметры должны заканчиваться символом ";" (точка с запятой). Далее следует описание и примеры использования макрокоманд.

Макрокоманда	Описание, пример применения
1; File version	Обязательная строка в начале файла с макрокомандами
SUBFOLDER_ASK;	Запрос на ввод имени новой папки и названия файлов для серии измерений. При выполнении данной команды на экран выводится диалоговое окно.
SUBFOLDER; P1;	Создать новую папку для сохранения измеренных кривых с именем P1. P1 – набор букв и цифр, без пробелов. При этом диалоговое окно не выводится. Пример:

	<p>SUBFOLDER; New_folder;</p>
<p>TITLE; P1;</p>	<p>Задать имя файлов для серии измерения. P1 – набор букв и цифр, без пробелов. При этом диалоговое окно не выводится.</p> <p>Пример:</p> <p>TITLE; New_Title;</p>
<p>LOOPSTART; P1; P2; ... LOOPEND;</p>	<p>Команды начала и окончания группы (цикла) вложенных команд. Параметры:</p> <p>P1 - количество повторений (циклов) P2 - количество команд в цикле - должно точно соответствовать количеству команд (строк) между LOOPSTART и LOOPEND</p> <p>Пример простого цикла:</p> <p>LOOPSTART; 30; 4; WAIT; 3000; MOVEX; -500; WAIT; 3000; INDENT1; 200000; LOOPEND;</p> <p>Пример вложенного цикла:</p> <p>LOOPSTART; 10; 9; LOOPSTART; 10; 4; WAIT; 3000;</p>

	<p>MOVEX; -2000;</p> <p>WAIT; 3000;</p> <p>INDENT0; 750000;</p> <p>LOOPEND;</p> <p>WAIT; 3000;</p> <p>MOVEX; 20000;</p> <p>MOVEY; -1000;</p> <p>LOOPEND;</p>
WAIT; P1;	<p>Сделать паузу P1 миллисекунд</p> <p>Пример: сделать паузу три секунды</p> <p>WAIT; 3000;</p>
MOVEX; P1;	<p>Выполнить перемещение по оси X на P1 микрометров. Знак параметра P1 определяет направление перемещения.</p> <p>Пример:</p> <p>MOVEX; 20000;</p> <p>MOVEX; -5000;</p>
INDENT1; P1;	<p>Сделать индент с нагрузкой P1 микроНьютон. При этом применяются текущие временные настройки.</p> <p>Пример: сделать индент на 750 мН</p> <p>INDENT1; 750000;</p>

MESSAGE; P1;	Вывести на экран сообщение в отдельном диалоговом окне. Пример: MESSAGE; К РАБОТЕ ГОТОВ!!!;
TUNE	Запустить процедуру подстройки рабочих параметров зондового датчика с целью ввода в рабочий режим автогенераторного тракта прибора, а также установки рабочего уровня амплитуды колебаний.
CHECK_STATE	Проверка состояния работы зондового датчика на предмет попадания всех сигналов в рабочий диапазон.
FIND	Запуск процедуры позиционирования индентора в начальное положение перед выполнением нагружения в рамках процедуры измерения твердости индентированием.
LEAVE	Безопасный мягкий отвод индентора от поверхности образца после окончания единичного измерения или серии измерений.

Работа блока параллельных вычислений не требует специальных пользовательских настроек. Анализ возможности применения параллельных вычислений выполняется автоматически при запуске процедуры обработки данных.

4. Сообщения оператору

Отчет о всех процедурах, выполненных в ходе работы программных блоков, выводится в непрерывном режиме в отладочный текстовый файл. В названии отладочного файла используется дата и время текущей сессии работы с программным обеспечением, что позволяет восстановить последовательность выполняемых операций.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Технологический институт сверхтвердых
и новых углеродных материалов»
(ФГБНУ ТИСНУМ)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБНУ ТИСНУМ


В.Д. Бланк
«23» июня 2016 год


**НАНОТВЕРДОМЕР - ПРОФИЛОМЕТР
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ**

ТЕКСТ ПРОГРАММЫ

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

RU.ЭДНтПС.00001-01 12 03 ЛУ

ПРОВЕРЕНО

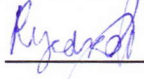
Заведующий отделом

 А.С. Усеинов

«23» июня 2016 г.


РАЗРАБОТАНО

Стажер-исследователь

 А.А. Русаков

«23» июня 2016 г.

НОРМОКОНТРОЛЕР

 Е.Е. Сапрыкин

«23» июня 2016 г.

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

УТВЕРЖДЕН
RU.ЭДНТПС.00001-01 12 03-ЛУ

**НАНОТВЕРДОМЕР - ПРОФИЛОМЕТР
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ**

Текст программы

RU.ЭДНТПС.00001-01 12 03

Листов 42

Инев. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инев. № дубл.	Подп. и дата

Аннотация

Настоящий документ содержит текст программных блоков «блок автоматизации измерений» и «блок параллельных вычислений», входящих в состав программы НТП01.exe, предназначенной для работы с экспериментальным образцом прибора, разрабатываемым в рамках прикладного научного исследования по лоту шифр 2014-14-579-0067 по теме: «Разработка специализированного нанотвердомера-профилометра и методов контроля физико-механических свойств внутренних поверхностей открытых и глухих каналов для применения в машиностроении и авиакосмической отрасли» (шифр заявки «2014-14-579-0067-007»), уникальный идентификатор проекта RFMEFI57714X0088.

В документе приводится исходный код программы на языке программирования C++ в реализации Microsoft Visual C++ с использованием библиотеки классов Microsoft Foundation Classes.

Содержание

1. Блок автоматизации измерений	253
1.1 Класс CMacroCmd.....	253
1.2 Класс CMacroSequence	258
1.3 Функция CMacroSequence_Continue()	264
2. Блок параллельных вычислений.....	268

1. Блок автоматизации измерений

1.1 Класс CMacroCmd

```

class CMacroCmd
{
public:
    CMacroCmd(void);
    ~CMacroCmd(void);

    int          InitCmdType(CString sCmd);
    CString      GetCmdName(int nCmdType);
    void         CopyCmdData(CMacroCmd *pCmd);

    BOOL         IsLoopEndCmd(CString sLine);
    int          IsLoopStartCmd(CString sLine, int &nCmdCntInLoop);
    BOOL         IsLoopStartCmd_20140731(CString sLine, int &nCmdCntInLoop, int
&nLoopCnt);

    CString      m_sCmdLine;
    int          m_nCmdType;

    int          m_nID;
    double       m_fParam1;
    int          m_nParam1;
    int          m_nParam2;
    CString      m_sParam1;

    int          m_nLoadingMode;
    int          m_nLoadLimit;
    int          m_nLoadingRate;
    int          m_nHoldTime;
    int          m_nTDriftTime;
    int          m_nTDriftLevel;

    int          m_nMacroSequenceSubID;

    BOOL         m_bWaitFeedback;

};

#include "StdAfx.h"
#include "NSDevCtrl.h"
#include "NSMacroCmd.h"
#include "NSMoverManager.h"

CMacroCmd::CMacroCmd(void)
{
    m_sCmdLine = "";
    m_sParam1 = "";
    m_nCmdType = -1;
    m_fParam1 = 0.0;
    m_nParam1 = 0;
    m_nParam2 = 0;
    m_bWaitFeedback = FALSE;
    m_nID = -1;
    m_nMacroSequenceSubID = 0;
}

```



```

    m_nLoadingMode = 0;
    m_nLoadLimit = 0;
    m_nLoadingRate = 1000;
    m_nHoldTime = 0;
    m_nTDriftTime = 0;
    m_nTDriftLevel = 0;
}

CString CMacroCmd::GetCmdName(int nCmdType)
{
    CString sRes="";
    int nCommandType = nCmdType;

    if (nCommandType < 0) nCommandType = m_nCmdType;

    switch(nCommandType) {
        case MACRO_CHECK_STATE: sRes="MACRO_CHECK_STATE"; break;
        case MACRO_TUNE_PROBE: sRes="MACRO_TUNE_PROBE"; break;
        case MACRO_FIND: sRes="MACRO_FIND"; break;
        case MACRO_LEAVE: sRes="MACRO_LEAVE"; break;
        case MACRO_WAIT: sRes="MACRO_WAIT"; break;
        case MACRO_MOVE_X: sRes="MACRO_MOVE_X"; break;
        case MACRO_MOTOR_POWER: sRes="MACRO_MOTOR_POWER"; break;
        case MACRO_SET_SAMPLE_TITLE: sRes = "MACRO_SET_SAMPLE_TITLE";
break;
        case MACRO_SET_NEW_SUBFOLDER: sRes = "MACRO_SET_NEW_SUBFOLDER";
break;
        case MACRO_SET_NEW_SUBFOLDER_ASK: sRes =
"MACRO_SET_NEW_SUBFOLDER_ASK"; break;
        case MACRO_SHOW_MESSAGE: sRes = "MACRO_SHOW_MESSAGE"; break;
        case MACRO_LOOPSTART: sRes="MACRO_LOOPSTART";break;
        case MACRO_LOOPEND: sRes="MACRO_LOOPEND";break;
        case MACRO_NOP: sRes="MACRO_NOP";break;
        case MACRO_SCRATCH_MOTOR_X: sRes = "MACRO_SCRATCH_X"; break;
        case MACRO_INDENT1: sRes = "MACRO_INDENT1"; break;

        default: sRes="!!! UNKNOWN COMMAND !!!"; break;
    }

    return sRes;
}

void CMacroCmd::CopyCmdData(CMacroCmd *pCmd)
{
    m_sCmdLine      = pCmd->m_sCmdLine;
    m_nCmdType      = pCmd->m_nCmdType;
    m_fParam1       = pCmd->m_fParam1;
    m_nParam1       = pCmd->m_nParam1;
    m_nParam2       = pCmd->m_nParam2;
    m_sParam1       = pCmd->m_sParam1;
    m_bWaitFeedback = pCmd->m_bWaitFeedback;
    m_nMacroSequenceSubID = pCmd->m_nMacroSequenceSubID;

    m_nLoadingMode = pCmd->m_nLoadingMode;
    m_nLoadLimit   = pCmd->m_nLoadLimit;
    m_nLoadingRate = pCmd->m_nLoadingRate;
    m_nHoldTime    = pCmd->m_nHoldTime;
    m_nTDriftTime  = pCmd->m_nTDriftTime;
    m_nTDriftLevel = pCmd->m_nTDriftLevel;
}

```

```

BOOL CMacroCmd::IsLoopEndCmd(CString sLine)
{
    CNSDevCtrlApp* pApp = (CNSDevCtrlApp*)AfxGetApp();
    CString sBuf="", sTmp = sLine;

    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    sBuf.MakeUpper();

    if (sBuf == "LOOPEND") return TRUE;
    else return FALSE;
}

int CMacroCmd::IsLoopStartCmd(CString sLine, int &nCmdCntInLoop)
{
    CNSDevCtrlApp* pApp = (CNSDevCtrlApp*)AfxGetApp();
    CString sBuf="", sTmp = sLine;

    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    sBuf.MakeUpper();

    if (sBuf != "LOOPSTART") return -1;

    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    int nLoopCnt = atoi(sBuf);

    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    nCmdCntInLoop = atoi(sBuf);

    return nLoopCnt;
}

BOOL CMacroCmd::IsLoopStartCmd_20140731(CString sLine, int &nCmdCntInLoop,
int &nLoopCnt)
{
    CNSDevCtrlApp* pApp = (CNSDevCtrlApp*)AfxGetApp();
    CString sBuf="", sTmp = sLine;

    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    sBuf.MakeUpper();

    if (sBuf != "LOOPSTART") return FALSE;

    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    nLoopCnt = atoi(sBuf);

    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    nCmdCntInLoop = atoi(sBuf);

    if (nCmdCntInLoop <= 0 || nLoopCnt <= 0) return FALSE;

    return TRUE;
}

int CMacroCmd::InitCmdType(CString sCmd)
{
    m_sCmdLine = sCmd;

    CNSDevCtrlApp* pApp = (CNSDevCtrlApp*)AfxGetApp();
    CString sBuf="", sTmp = sCmd;

    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    sBuf.MakeUpper();
}

```

```

if (sBuf == "MESSAGE") {
    m_nCmdType = MACRO_SHOW_MESSAGE;
    m_sParam1 = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    return m_nCmdType;
}
if (sBuf == "TITLE") {
    m_nCmdType = MACRO_SET_SAMPLE_TITLE;
    m_sParam1 = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    return m_nCmdType;
}
if (sBuf == "SUBFOLDER") {
    m_nCmdType = MACRO_SET_NEW_SUBFOLDER;
    m_sParam1 = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    m_nParam1 = 1;
    return m_nCmdType;
}
if (sBuf == "SUBFOLDER_ASK") {
    m_nCmdType = MACRO_SET_NEW_SUBFOLDER_ASK;
    return m_nCmdType;
}
if (sBuf == "INDENT1") {
    m_nCmdType = MACRO_INDENT1;

    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);

    if (sBuf == "DAC")    m_nLoadingMode = 0;
    if (sBuf == "FORCE") m_nLoadingMode = 1;
    if (sBuf == "DEPTH") m_nLoadingMode = 2;

    m_nLoadLimit = atoi( pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp) );
    if (m_nLoadLimit < 100) m_nLoadLimit = 100;
    if (m_nLoadLimit > 5000000) m_nLoadLimit = 5000000;

    m_nLoadingRate = atoi( pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp) );
    if (m_nLoadingRate < 10) m_nLoadingRate = 10;
    if (m_nLoadingRate > 500000) m_nLoadingRate = 500000;

    m_nHoldTime = atoi( pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp) );
    if (m_nHoldTime < 0) m_nHoldTime = 0;
    if (m_nHoldTime > 600000) m_nHoldTime = 600000;

    m_nTDriftTime = atoi( pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp) );
    if (m_nTDriftTime < 0) m_nTDriftTime = 0;
    if (m_nTDriftTime > 600000) m_nTDriftTime = 600000;

    m_nTDriftLevel = atoi( pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp) );
    if (m_nTDriftLevel < 0) m_nTDriftLevel = 0;
    if (m_nTDriftLevel > 99) m_nTDriftLevel = 99;

    return m_nCmdType;
}
if (sBuf == "SCRATCH_MX") {
    m_nCmdType = MACRO_SCRATCH_MOTOR_X;

    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    m_nParam1 = atoi(sBuf);
    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    m_nParam2 = atoi(sBuf);
    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    m_fParam1 = atof(sBuf);

    return m_nCmdType;
}

```

```

if (sBuf == "MOTOR_POWER") {
    m_nCmdType = MACRO_MOTOR_POWER;

    m_nParam1 = -1;
    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    if (sBuf == "X") m_nParam1 = MOTOR_X;
    if (sBuf == "Y") m_nParam1 = MOTOR_Y;
    if (sBuf == "Z") m_nParam1 = MOTOR_Z;
    if (m_nParam1 < 0) return -1;

    m_nParam2 = -1;
    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    if (sBuf == "ON") m_nParam2 = 1;
    if (sBuf == "OFF") m_nParam2 = 0;
    if (m_nParam2 < 0) return -2;

    return m_nCmdType;
}
if (sBuf == "TUNE") { m_nCmdType = MACRO_TUNE_PROBE; return m_nCmdType;
}
if (sBuf == "CHECK_STATE0") { m_nCmdType = MACRO_CHECK_STATE0; return
m_nCmdType; }
if (sBuf == "FIND") { m_nCmdType = MACRO_FIND; return m_nCmdType; }
if (sBuf == "LEAVE") { m_nCmdType = MACRO_LEAVE; return m_nCmdType; }
if (sBuf == "WAIT") {
    m_nCmdType = MACRO_WAIT;
    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    m_nParam1 = atoi(sBuf);

    if (m_nParam1 <= 0) return -3;
    return m_nCmdType;
}
if (sBuf == "RUN") {
    m_nCmdType = MACRO_RUN_LAYOUT;
    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);

    CTests *pTst = pApp->m_pSetup.m_pTestsLayout.FindByTitle(sBuf,
m_nParam1);
    if (!pTst) return -4;
    if (m_nParam1 < 0) return -5;

    m_sParam1 = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    if (m_sParam1.GetLength() <= 0) return -6;

    return m_nCmdType;
}
if (sBuf == "MOVEX") {
    m_nCmdType = MACRO_MOVE_X;

    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    m_nParam1 = atoi(sBuf);
    if (abs(m_nParam1) > 100000) return -8;

    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
    m_nParam2 = atoi(sBuf);
    if (m_nParam2 < 0) return -7;
    if (m_nParam2 > 4) return -8;

    return m_nCmdType;
}
if (sBuf == "LOOPSTART") {
    m_nCmdType = MACRO_LOOPSTART;

    sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);

```

```

        m_nParam1 = atoi(sBuf);
        return m_nCmdType;
    }

    if (sBuf == "LOOPEND") {
        m_nCmdType = MACRO_LOOPEND;

        sBuf = pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sTmp);
        m_nParam1 = atoi(sBuf);
        return m_nCmdType;
    }

    return 0;
}

```

1.2 Класс CMacroSequence

```

class CMacroSequence
{
public:
    CMacroSequence(void);
    ~CMacroSequence(void);

    BOOL                IsMacroCompleted();
    void                MacroSequence_Reset();
    void                ResetMacrosArray();
    BOOL                MacroSequence_Load(CString sFName);
    BOOL                MacroSequence_MakeUpWithLoops();
    BOOL                Unfold(CTypedPtrArray<CPtrArray, CMacroCmd*>
        *pScript);
    unsigned            FindLoopEnd(CTypedPtrArray<CPtrArray, CMacroCmd*>
        *pScript, unsigned nLoopBegin);
    unsigned            RollCycle(CTypedPtrArray<CPtrArray, CMacroCmd*>
        *pScript, unsigned nStart, unsigned nEnd, unsigned nIter);

    int                Run_MACRO_INDENT0(CMacroCmd *pCmd);
    int                Run_MACRO_MOVE_X(CMacroCmd *pCmd);
    int                Run_MACRO_SCRATCH_X(CMacroCmd *pCmd);

    BOOL m_bDoNotAddTestToTable;
    CNSDevCtrlDlg    *m_pNSDevCtrlDlg;
    CMacroCmd*      GetNextCmd();
    CMacroCmd*      GetCurrentCmd();
    std::vector<CString>    m_sCmdLines;
    CTypedPtrArray<CPtrArray, CMacroCmd*> m_pMacros;
    BOOL m_bMacroSequenceStarted;
    BOOL m_bDoNextMacro;
    int    m_nNextMacroID;
    BOOL m_bFirstMacro;

};

#include "StdAfx.h"
#include "NSDevCtrl.h"
#include "NSDevCtrlDlg.h"
#include "NSMacroSequence.h"

#define APP ((CNSDevCtrlApp*) AfxGetApp())

CMacroSequence::CMacroSequence(void)

```

```

{
    m_pNSDevCtrlDlg = NULL;
    m_pMacros.SetSize(0);
    m_sCmdLines.erase(m_sCmdLines.begin(), m_sCmdLines.end());

    m_nNextMacroID = -1;
    m_bMacroSequenceStarted = FALSE;
    m_bDoNextMacro = FALSE;
    m_bFirstMacro = TRUE;
    m_bDoNotAddTestToTable = FALSE;

    int i=0;

}

CMacroSequence::~CMacroSequence(void)
{
    ResetMacrosArray();
}

void CMacroSequence::MacroSequence_Reset()
{
    m_bDoNotAddTestToTable = FALSE;
    m_nNextMacroID = -1;
    m_bMacroSequenceStarted = FALSE;
    m_bDoNextMacro = FALSE;
    m_bFirstMacro = TRUE;
    m_sCmdLines.erase(m_sCmdLines.begin(), m_sCmdLines.end());

    ResetMacrosArray();
}

void CMacroSequence::ResetMacrosArray()
{
    CMacroCmd* pItem=NULL;
    int i=0;

    for(i=0; i<m_pMacros.GetSize(); i++) {
        pItem = m_pMacros.GetAt(i);
        if(pItem) { delete pItem; pItem = NULL; }
    }
    m_pMacros.RemoveAll();

    m_sCmdLines.erase(m_sCmdLines.begin(), m_sCmdLines.end());

}

CMacroCmd* CMacroSequence::GetCurrentCmd()
{
    CMacroCmd* pNextCmd = m_pMacros.GetAt(m_nNextMacroID);
    return pNextCmd;
}

BOOL CMacroSequence::IsMacroCompleted()
{
    int nSz = m_pMacros.GetSize();
    if (nSz <= 0) return TRUE;

    if (m_nNextMacroID >= 0 && m_nNextMacroID < nSz) return FALSE;

    return TRUE;
}

```

```

CMacroCmd* CMacroSequence::GetNextCmd()
{
    CMacroCmd* pCurCmd = NULL;
    int nSz = m_pMacros.GetSize();
    if (nSz <= 0) return NULL;

    if (m_nNextMacroID >= 0 && m_nNextMacroID < nSz) {
        pCurCmd = m_pMacros.GetAt(m_nNextMacroID);
        if (pCurCmd->m_nMacroSequenceSubID > 0) return pCurCmd;
    }

    if (!m_bDoNextMacro) return NULL;

    m_nNextMacroID += 1;
    if (m_nNextMacroID >= nSz) return NULL;

    CMacroCmd* pNextCmd = m_pMacros.GetAt(m_nNextMacroID);
    return pNextCmd;
}

BOOL CMacroSequence::MacroSequence_Load(CString sFName)
{
    CNSDevCtrlApp* pApp = (CNSDevCtrlApp*)AfxGetApp();
    CString sMsg="";

    CStdioFile df;
    if(!df.Open(sFName, CFile::modeRead)){
        sMsg.Format(_T("Unable to open %s macro sequence for reading"),
sFName);
        pApp->m_pSetup.WriteMessage(sMsg);
        return FALSE;
    }

    CString sLine="", sLine1="";
    BOOL bRes = FALSE, bFinish = FALSE;
    int nCmdCntInLoop=0, nLoopCnt=0, nRes = -1;

    CMacroCmd *pEmptyCmd = new CMacroCmd();
    m_sCmdLines.erase(m_sCmdLines.begin(), m_sCmdLines.end());

    df.ReadString(sLine);
    int nVersion = atoi(pApp->m_pSetup.GetFirstStr(sLine));

    while( df.ReadString(sLine) && !bFinish) {
        sLine1 = sLine;
    }

    return MacroSequence_MakeUpWithLoops();
}

BOOL CMacroSequence::MacroSequence_MakeUpWithLoops()
{
    CNSDevCtrlApp* pApp = (CNSDevCtrlApp*)AfxGetApp();
    CString sLine="", sLine1="", sLine_Loop="";
    BOOL bRes = FALSE, bFinish = FALSE;
    int i=0, j=0, k=0, nErrCnt = 0, nErrLoopCnt=0,x;

```



```

int nCmdCntInLoop=0, nLoopCnt=0, nRes = -1;
CMacroCmd* pItem=NULL;
CMacroCmd *pEmptyCmd = new CMacroCmd();
int nCmdCnt = m_sCmdLines.size();

m_pMacros.SetSize(0);
for(x=0;x<m_sCmdLines.size();x++) {
    sLine = m_sCmdLines[x];
    CMacroCmd *pNewCmd_Loop = new CMacroCmd();
    nRes = pNewCmd_Loop->InitCmdType(sLine);
    if (nRes < 0) {
        nErrCnt++;
        nErrLoopCnt++;
        delete pNewCmd_Loop; pNewCmd_Loop=NULL;
    }
    else if (nRes > 0) m_pMacros.Add(pNewCmd_Loop);
    m_sCmdLines[i] = "";
}

return Unfold(&m_pMacros);
}

unsigned CMacroSequence::RollCycle(CTypedPtrArray<CPtrArray, CMacroCmd*>
*pScript,unsigned nStart, unsigned nEnd,unsigned nIter)
{
    unsigned x,y;
    CMacroCmd *pTmp;
    pScript->GetAt(nStart)->InitCmdType("NOP;");
    pScript->GetAt(nEnd)->InitCmdType("NOP;");
    for(x=0;x<nIter-1;x++)
    for(y=nEnd;y>=nStart;y--){
        pTmp=new CMacroCmd();
        pTmp->CopyCmdData(pScript->GetAt(y));
        pScript->InsertAt(nEnd+1,pTmp);
    }
    return nEnd+(nEnd-nStart+1)*(nIter-1);
}

unsigned CMacroSequence::FindLoopEnd(CTypedPtrArray<CPtrArray, CMacroCmd*>
*pScript,unsigned nLoopBegin)
{
    unsigned LoopLevel=1;
    int x;
    for(x=nLoopBegin+1;x<pScript->GetSize();x++) {
        if(pScript->GetAt(x)->m_nCmdType==MACRO_LOOPSTART)
            LoopLevel++;
        if(pScript->GetAt(x)->m_nCmdType==MACRO_LOOPEND)
            LoopLevel--;
        if(LoopLevel<0) return 0;
        if(LoopLevel==0)break;
    }
    if(LoopLevel==0) return x;
    return 0;
}

BOOL CMacroSequence::Unfold(CTypedPtrArray<CPtrArray, CMacroCmd*> *pScript)
{
    unsigned x;
    unsigned nLoopBegin,nLoopEnd;
    BOOL bLoopFound=FALSE;
    for(x=0;x<pScript->GetSize();x++) {
        if(pScript->GetAt(x)->m_nCmdType==MACRO_LOOPEND) {
            AfxMessageBox("LOOP END UNEXPECTED");
            return FALSE;
        }
    }
}

```

```

    }
    if (pScript->GetAt(x)->m_nCmdType==MACRO_LOOPSTART) {
        bLoopFound=TRUE;
        nLoopBegin=x;
        nLoopEnd=FindLoopEnd(pScript,nLoopBegin);
        if (nLoopEnd==0) {
            AfxMessageBox("LOOP END NOT FOUND");
            return FALSE;
        }
        x=RollCycle(pScript,nLoopBegin,nLoopEnd,pScript->GetAt(x)-
>m_nParam1);
    }
}
if (bLoopFound)
    return Unfold(pScript);

for(x=0; x<pScript->GetSize();x++) {
    pScript->GetAt(x)->m_nID = x;
}

return TRUE;
}

int CMacroSequence::Run_MACRO_INDENT1(CMacroCmd *pCmd)
{
    if (!m_pNSDevCtrlDlg) return -1;

    m_pNSDevCtrlDlg->MEASURE_ResetControls();
    APP->m_pSetup.m_nActiveMeasureMode = TT_INDENT_ID;

    int nType = TT_INDENT_ID;
    int nP0=0, nP1=nP0;
    CString sBuf="", sStatusMsg="";

    BOOL bRes = m_pNSDevCtrlDlg->MEASURE_GetTestParams(nP0, nP1, nType);
    if (!bRes) m_pNSDevCtrlDlg->MacroSequence_Finish();
    nP0 = pCmd->m_nParam1;
    nP1 = 0;

    sStatusMsg.Format(_T("%d/%d "), pCmd->m_nID+1, m_pMacros.GetSize());
    sBuf.Format(_T("Indentation %.1f mN"), double(nP0)/1000.0);
    sStatusMsg += sBuf;
    APP->WriteRLBStatusMessage(sStatusMsg, 1);

    if (!m_bDoNotAddTestToTable) {
        CPoint ptADC(0,0), ptScreen(0,0);

        ptADC = CPoint( m_pNSDevCtrlDlg-
>m_pModeDispatch.DEV_GetCell(0x1026), m_pNSDevCtrlDlg-
>m_pModeDispatch.DEV_GetCell(0x1027) );
        ptScreen = m_pNSDevCtrlDlg-
>m_wnd2DArea_Me.ADCToBitmap(ptADC.x, ptADC.y);

        m_pNSDevCtrlDlg->m_wnd2DArea_Me.m_pTests.AddItem(nType, ptScreen,
CPoint(0,0), ptADC, CPoint(0,0), nP0, nP1, APP->m_pSetup.m_ds.m_nLift_FS);
    }

    m_pNSDevCtrlDlg->MEASURE_UpdateTestsGrid( );

    m_pNSDevCtrlDlg->OnBtnMeasure_Run_img();

    return 0;
}

```

```

int CMacroSequence::Run_MACRO_SCRATCH_X(CMacroCmd *pCmd)
{
    if (!m_pNSDevCtrlDlg) return -1;

    CString sBuf="", sStatusMsg="", sMsg="";
    int nType = TT_SCRATCH_MO_ID;
    int nP0 = pCmd->m_nParam1;
    int nP1 = pCmd->m_nParam2;
    double fLength = pCmd->m_fParam1;

    BOOL bRes = m_pNSDevCtrlDlg->MEASURE_GetTestParams(nType);
    if (!bRes) {
        m_pNSDevCtrlDlg->MacroSequence_Finish();
        return -2;
    }

    sStatusMsg.Format(_T("%d/%d "), pCmd->m_nID+1, m_pMacros.GetSize());
    sBuf.Format(_T("Scratch X %.1f mN / %.1f um"), double(nP0)/1E3,
fLength);
    sStatusMsg += sBuf;
    APP->WriteRLBStatusMessage(sStatusMsg, 1);

    if (!m_bDoNotAddTestToTable) {
        CPoint ptADC0(0,0), ptScreen0(0,0), ptADC1(0,0), ptScreen1(0,0);

        CTestEntry *pNewTest = new CTestEntry();
        pNewTest->m_nType = TT_SCRATCH_CL_LOAD_MO;
        pNewTest->m_nP0 = nP0;
        pNewTest->m_nP1 = nP1;
        pNewTest->m_nX0 = int( floor(APP->m_pSetup.m_fXMoverPos+0.5) );
        pNewTest->m_nY0 = int( floor(APP->m_pSetup.m_fYMoverPos+0.5) );
        pNewTest->m_nX1 = pNewTest->m_nX0;
        pNewTest->m_nY1 = pNewTest->m_nY0;
        pNewTest->m_nLoadingMode = NI_MODE_LIN_FORCE;
        pNewTest->m_nLoadingRate = 10000;
        pNewTest->m_nHoldTime = 2000;
        pNewTest->m_nScratchVelocity = 1000;
        pNewTest->m_nX1 += int(fLength*1000.0);

        if (!pNewTest) return -2;

        APP->m_pDevCtrlDlg->m_wnd2DArea_Me.m_pTests.AddItem(pNewTest);
        delete pNewTest; pNewTest=NULL;

        ptADC0 = CPoint( m_pNSDevCtrlDlg-
>m_pModeDispatch.DEV_GetCell(0x1026), m_pNSDevCtrlDlg-
>m_pModeDispatch.DEV_GetCell(0x1027) );
        ptScreen0 = m_pNSDevCtrlDlg->m_wnd2DArea_Me.ADCToBitmap(ptADC0.x,
ptADC0.y);

        m_pNSDevCtrlDlg-
>m_wnd2DArea_Me.m_pTests.AddItem(nType, ptScreen0, CPoint(0,0), ptADC0,
CPoint(0,0), nP0, nP1, APP->m_pSetup.m_ds.m_nLift_FS);

        m_pNSDevCtrlDlg->MEASURE_UpdateTestsGrid( );
        m_pNSDevCtrlDlg->OnBtnMeasure_Run_img();

        return 0;
    }
}

int CMacroSequence::Run_MACRO_MOVE_X(CMacroCmd *pCmd)
{
    if (!m_pNSDevCtrlDlg) return -1;

```

```

    if (APP->m_pSetup.m_bNearSurface) { m_pNSDevCtrlDlg-
>MacroSequence_Finish(); return 0; }
    int nMotionType = APP->m_pSetup.GetMotionType();
    if (nMotionType != MOTIONTYPE_MOTOR) { m_pNSDevCtrlDlg-
>MacroSequence_Finish(); return 0; }

    CString sBuf="", sStatusMsg="", sMsg="";

    pCmd->m_bWaitFeedback = TRUE;

    float fXMove = float(pCmd->m_nParam1)/1000.0;
    float fYMove = float(pCmd->m_nParam2)/1000.0;
    BOOL bXMove = FALSE, bYMove = FALSE;
    if (fabs(fXMove) > 0.001) bXMove = TRUE;
    if (fabs(fYMove) > 0.001) bYMove = TRUE;

    if (bXMove || bYMove) {
        sStatusMsg.Format(_T("%d/%d "), pCmd->m_nID+1,
m_pMacros.GetSize());
        sBuf = APP->m_pMath.FormatXYMoverString(fXMove, fYMove);
        sStatusMsg += sBuf;
        APP->WriteRLBStatusMessage(sStatusMsg, 1);

        switch (APP->m_pSetup.m_nRulerMode) {
            case 1:
            case 2:
                APP->m_pSetup.m_bRunToXMoveStarted = TRUE;
                APP->m_pSetup.m_fRunToXDestination = APP-
>m_pSetup.m_fXRulerPosGlobal + fXMove;
                APP->m_pSetup.m_bRunToYMoveStarted = TRUE;
                APP->m_pSetup.m_fRunToYDestination = APP-
>m_pSetup.m_fYRulerPosGlobal + fYMove;
                break;
        }

        m_pNSDevCtrlDlg->m_bXYMoveStarted = TRUE;
        if (bXMove) m_pNSDevCtrlDlg-
>m_pModeDispatch.MOVE_MacroMotor(MOTOR_X, fXMove, 1);
    }
    else {
        m_pNSDevCtrlDlg-
>m_pModeDispatch.MOVE_MotorTimerCheckEvent_UpdateAfterStop();
    }

    return 0;
}

```

1.3 Функция CMacroSequence_Continue()

```

void MacroSequence_Continue( )
{
    if (!m_pApp->m_pSetup.m_bContinueTestSeries) {
        MacroSequence_Finish();
        return;
    }

    CMacroCmd *pNextCmd = m_pMacroSequence.GetNextCmd();

    if (!pNextCmd) {
        MacroSequence_Finish();
        return;
    }
}

```

```

}

if (m_pMacroSequence.m_bFirstMacro) {
    m_pApp->STOP_SetAllowUserStop(TRUE);
    m_pApp->STOP_SetUserStop(FALSE);
    UI_LockAllControls(TRUE);
    m_pMacroSequence.m_bFirstMacro = FALSE;
}

CString sMsg="", sStatusMsg="", sBuf="";
sStatusMsg.Format(_T("%d/ %d "), pNextCmd->m_nID+1,
m_pMacroSequence.m_pMacros.GetSize());

switch(pNextCmd->m_nCmdType) {
    case MACRO_SHOW_MESSAGE:
        ::MessageBox(NULL, pNextCmd->m_sParam1, m_pApp-
>m_sMessageBoxTitle, MB_ICONEXCLAMATION|MB_OK|MB_TOPMOST);
        PostMessageA(WM_MACROSEQUENCE_CONTINUE); // show message
        break;
    case MACRO_SET_SAMPLE_TITLE:
        m_pApp->m_pSetup.m_sSampleTitle = pNextCmd->m_sParam1;
        PostMessageA(WM_MACROSEQUENCE_CONTINUE); // set sample title
        break;
    case MACRO_SET_NEW_SUBFOLDER:
        m_pApp->m_pSetup.m_sNewSubfolder = pNextCmd->m_sParam1;
        m_pApp->m_pSetup.m_bCreateNewSubfolder = BOOL(pNextCmd-
>m_nParam1);
        PostMessageA(WM_MACROSEQUENCE_CONTINUE); // set new
subfolder
        break;
    case MACRO_SET_NEW_SUBFOLDER_ASK: {
        CDlgEnterParam dlg;
        dlg.m_nMode = 1;
        dlg.m_sParam1 = m_pApp->m_pSetup.m_sSampleTitle;
        dlg.m_sParam2 = m_pApp->m_pSetup.m_sNewSubfolder;
        dlg.m_bChk1 = m_pApp->m_pSetup.m_bCreateNewSubfolder;

        if (dlg.DoModal() != IDOK) {
            MacroSequence_Finish();
            return;
        }

        m_pApp->m_pSetup.m_sSampleTitle = dlg.m_sParam1;
        m_pApp->m_pSetup.m_sNewSubfolder = dlg.m_sParam2;
        m_pApp->m_pSetup.m_bCreateNewSubfolder = dlg.m_bChk1;

        if (m_pApp->m_pSetup.m_sNewSubfolder.GetLength() <= 0)
m_pApp->m_pSetup.m_bCreateNewSubfolder = FALSE;

        m_pApp->m_pSetup.DeviceSetupIni_Save();
        PostMessageA(WM_MACROSEQUENCE_CONTINUE);
        }
        break;
    case MACRO_CHECK_STATE: {
        sStatusMsg += "Check state";
        m_pApp->WriteRLBStatusMessage(sStatusMsg, 1);

        CCalibrDEV_Entry* pZOptADC = m_pApp-
>m_pSetup.m_pDEVCalibr.FindByTypeAndFullAddress(ADDR_ADC, ADC_ZOPT);
        CCalibrDEV_Entry* pZStADC = m_pApp-
>m_pSetup.m_pDEVCalibr.FindByTypeAndFullAddress(ADDR_ADC, ADC_ZSTAGE);
        int i=0, nVal=0;
        double fZStAvg=0.0, fZOptAvg=0.0, fZOptVal=0.0, fZStVal=0.0;

```

```

for(i=0; i<10; i++) {
    nVal = m_pApp->m_pDeviceCmd.rdADC( pZOptADC-
>m_nAddress );
    fZOptVal = pZOptADC->GetValuePhys(nVal);
    fZOptAvg += fZOptVal;
    nVal = m_pApp->m_pDeviceCmd.rdADC( pZStADC->m_nAddress
);
    fZStVal = pZStADC->GetValuePhys(nVal);
    fZStAvg += fZStVal;

    Sleep(100);

}
fZStAvg /= 10.0;
fZOptAvg /= 10.0;

if (fZStAvg < pZStADC->m_fDispMin*0.8 && (fZOptAvg > -300.0
&& fZOptAvg < 300.0) ) {
    m_pApp->WriteRLBStatusMessage("Probe state OK", 1);

    PostMessageA(WM_MACROSEQUENCE_CONTINUE);
}
else {
    m_pApp->WriteRLBStatusMessage("Probe state FAILED!",
1);

    MacroSequence_Finish();
}

}
break;
case MACRO_TUNE_PROBE:
    sStatusMsg += "Tune probe";
    m_pApp->WriteRLBStatusMessage(sStatusMsg, 1);
    m_pModeDispatch.DEV_ExecMacro("Adjusting_safe");
    break;
case MACRO_MOTOR_POWER:
    sStatusMsg += "Turn motor power";
    m_pApp->WriteRLBStatusMessage(sStatusMsg, 1);

    m_pModeDispatch.MOVE_TurnPower(pNextCmd->m_nParam1,
BOOL(pNextCmd->m_nParam2));
    PostMessageA(WM_MACROSEQUENCE_CONTINUE);
case MACRO_INDENT1:
    m_pMacroSequence.Run_MACRO_INDENT1(pNextCmd);
    break;
case MACRO_SCRATCH_MOTOR_X:
    m_pApp->m_pSetup.m_nActiveMeasureMode = TT_SCRATCH_MO_ID;
    m_pMacroSequence.Run_MACRO_SCRATCH_X(pNextCmd);
    break;
case MACRO_FIND:
    sStatusMsg += "Find surface";
    m_pApp->WriteRLBStatusMessage(sStatusMsg, 1);

    m_pModeDispatch.INDI_ReadIndicators(INDI_START);
    Sleep(200);
    pNextCmd->m_bWaitFeedback = TRUE;

    OnBtnMove_FindSurface_img();
    break;
case MACRO_LEAVE:
    sStatusMsg += "Leave surface";
    m_pApp->WriteRLBStatusMessage(sStatusMsg, 1);

    OnBtnMove_LeaveSurface_img();

```

```

        break;
    case MACRO_WAIT: {
        int nTimeLeft = pNextCmd->m_nParam1;
        int nInterval = 1000;
        CString sMin="", sSec="";

        if (pNextCmd->m_nMacroSequenceSubID <= 0) {
            INDI_LockIndicators(INDI_UNLOCK);
            m_pModeDispatch.INDI_ReadIndicators(INDI_START);
            pNextCmd->m_nMacroSequenceSubID = 1;

            sStatusMsg += "Wait ";
            m_pApp->WriteRLBStatusMessage(sStatusMsg, 1);
        }
        else {
            pNextCmd->m_nParam2 += nInterval;
            nTimeLeft -= pNextCmd->m_nParam2;

            int nHour = (nTimeLeft/1000)/3600;
            int nMin = (nTimeLeft/1000 - nHour*3600)/60;
            int nSec = (nTimeLeft/1000)%60;

            if (nMin<10) sMin.Format(_T("%0%d"), nMin);
            else sMin.Format(_T("%d"), nMin);
            if (nSec<10) sSec.Format(_T("%0%d"), nSec);
            else sSec.Format(_T("%d"), nSec);
            sMsg.Format(_T("%d:%s:%s"), nHour, sMin, sSec);
            m_pApp->WriteRLBStatusMessage(sMsg, 2);
        }

        if (nTimeLeft >= nInterval) {
            pNextCmd->m_nMacroSequenceSubID = 2;
            SetTimer(m_nTimerMacroSequence, nInterval, NULL);
        }
        else {
            pNextCmd->m_nMacroSequenceSubID = -1;
            PostMessageA(WM_MACROSEQUENCE_CONTINUE);
        }
        break;
    case MACRO_MOVE_X: {
        if(m_pApp->m_pSetup.m_nDeviceType == DEVTYPE_NTEGRA ||
m_pApp->m_pSetup.m_nDeviceType == DEVTYPE_SOLVER) { MacroSequence_Finish();
return; }

        int nMotionType = m_pApp->m_pSetup.GetMotionType();
        if (nMotionType != MOTIONTYPE_MOTOR) {
MacroSequence_Finish(); return; }

        pNextCmd->m_bWaitFeedback = TRUE;
        float fXMove = float(pNextCmd->m_nParam1);
        int nSpeedID = pNextCmd->m_nParam2;
        BOOL bXMove = FALSE;
        if (fabs(fXMove) > 0.001) bXMove = TRUE;

        if (bXMove) {
            sBuf.Format(_T("Move X %.1f um"), fXMove);
            sStatusMsg += sBuf;
            m_pApp->WriteRLBStatusMessage(sStatusMsg, 1);

            switch(m_pApp->m_pSetup.m_nRulerMode) {
                case 1:
                case 2:
                    m_pApp->m_pSetup.m_bRunToXMoveStarted =
TRUE;

```



```

        m_pApp->m_pSetup.m_fRunToXDestination =
m_pApp->m_pSetup.m_fXRulerPosGlobal + fXMove;
        break;
    }

    m_pModeDispatch.m_bChkAutoStop_Mo = FALSE;
    m_bXYMoveStarted = TRUE;
    m_pModeDispatch.MOVE_MacroMotor(MOTOR_X, fXMove,
nSpeedID);
    }
    else {

        m_pModeDispatch.MOVE_MotorTimerCheckEvent_UpdateAfterStop();
    }
    }
    break;
    case MACRO_NOP:
        PostMessageA(WM_MACROSEQUENCE_CONTINUE);
        break;
    default:
        MacroSequence_Finish();
        return;
    }
}

```

2. Блок параллельных вычислений

```

int Proc_ProcessIndentsFromFiles(BOOL bAskForReloadFiles, int nWizardMode) {
    CClbrRecord *pRecord = GetCurrentRecord();
    if (!pRecord) return -1;
    if (pRecord->m_nRecordType != CLBR_NANOINDENTATION) return -2;
    int nWizMode = nWizardMode;
    if (!pRecord->m_bRefRecord) nWizMode = -1;
    CMainFrame* pMain = (CMainFrame*)m_pApp->m_pMainWnd;
    CString sFName = "", sMsg="", sProbeUsed="";
    m_bStopAllProc = FALSE;
    m_bMarkBadFiles = FALSE;
    m_bPrintHCalcResult = FALSE;
    m_bProcessing = TRUE;
    ClbrRecord_LockAllControls(m_bProcessing);
    BOOL bSaveFile_Ph = FALSE;
    m_pApp->m_pSetup.m_nTempStrCnt = 0;

    if(nWizMode == 1 && !pRecord->m_bApplySystemCompliance) bSaveFile_Ph=FALSE;
    if(bSaveFile_Ph) {
        if(MessageBox(_T("Create output files?"), m_pApp->m_sProgramName, MB_YESNO | MB_ICONQUESTION) !=
IDYES) {
            bSaveFile_Ph = FALSE;
        }
    }

    CProgressWnd wndProgress(this, "Processing", TRUE);
    int nProgressCount = 0;
    double fS=0.0;
    BOOL bContinue = TRUE, bMakeDiagram = FALSE;
    int nRealCnt=0;
    int nRes = -1, nErrorCnt = 0;
    BOOL bIsGMVisible = pMain->m_pIDManager.IsWindowVisible();
    pMain->m_pIDManager.ShowWindow(SW_HIDE);
    int nDocCnt = 0;

```

```

if(m_bUseSameFiles) {
    nDocCnt = m_p1DDocSimpleArray.size();
}
else {
    nDocCnt = m_slDDocNames.size();
    m_p1DDocSimpleArray.clear();
}
#pragma omp parallel
{
    if(omp_get_thread_num() == 0) {
        wndProgress.SetRange(0, 100);
        wndProgress.SetText("");
        wndProgress.StepIt();
        wndProgress.PeekAndPump();
    }
    #pragma omp for schedule(dynamic, 1)
    for(int i = 0; i < nDocCnt; ++i) {
        if(m_bStopAllProc) {
            continue;
        }
        C1DDoc *p1DDoc = NULL;
        BOOL bRes = Proc_LoadDocuments(i, &p1DDoc);
        if(bRes) {
            if(pRecord->m_bApplyReScaleZOpt) {
                p1DDoc->ReScaleChannel(2, pRecord->m_fZOptCoeff);
            }
            bMakeDiagram = FALSE;
            switch(p1DDoc->m_nWindowType) {
                case WT1D_INDENT_DACW:
                case WT1D_INDENT_TIME_DISPL_CTRL:
                case WT1D_INDENT_TIME_LOAD_CTRL:
                case WT1D_INDENT_TIME_MIXED_CTRL:
                case WT1D_TWIN_DYNAMIC_INDENT:
                case WT1D_TWIN_DYNAMIC_INDENT_SINUS:
                case WT1D_APPR_CURVE:
                    bMakeDiagram = TRUE;
                    break;
                case WT1D_INDENT_MOTOR:
                    if(nRealCnt == 0) {
                        if(omp_get_thread_num() == 0) {
                            pRecord->m_sProbeUsed = p1DDoc->m_sProbeUsed;
                        }
                    }
                    p1DDoc->m_nDocArrayID = i;
                    nRes = NI_MakeLoadingDiagram_Motor(FALSE, pRecord-
>m_fLoBound, pRecord->m_fUpBound, fS, fPmax, sFName);
                    nRealCnt++;
                    break;
            }
            if(bMakeDiagram) {
                if(nRealCnt == 0) {
                    if(omp_get_thread_num() == 0) {
                        pRecord->m_sProbeUsed = p1DDoc->m_sProbeUsed;
                    }
                }

                clock_t start = clock();
                p1DDoc->m_nDocArrayID = (int)i;
                nRes = p1DDoc->NI_MakeLoadingDiagram(bSaveFile_Ph, FALSE,
pRecord->m_fLoBound, pRecord->m_fUpBound, fS, fPmax);

```

```

        if(nRes != 0) {
            nErrorCnt++;
            CString s;
            s.Format("Loading diagram error: %d",nRes);
            m_pApp->m_pSetup.WriteMessage(s);
        }
        nRealCnt++;
    }
    if(p1DDoc) { delete p1DDoc; p1DDoc = NULL; }
}
if(omp_get_thread_num() == 0) {
    int nEnd = 100 * i / nDocCnt;
    int nStep = nEnd - nProgressCount;
    nProgressCount = nEnd;
    wndProgress.SetStep(nStep);
    wndProgress.StepIt();
    wndProgress.PeekAndPump();
    m_bStopAllProc = wndProgress.Cancelled();
}
}
}
if(bIsGMVisible) {
    pMain->m_p1DManager.ShowWindow(SW_SHOW);
}
UpdateCurrentRecord();
wndProgress.Hide();
m_bProcessing = FALSE;
ClbrRecord_LockAllControls(m_bProcessing);
}
if(nWizMode == 1 && !pRecord->m_bApplySystemCompliance) {
    ClbrRecord_FindSystemCompliance();
}
return 0;
}

BOOL Proc_LoadDocuments(int nInd, ClDDoc **pDoc)
{
    CClbrRecord *pRecord = GetCurrentRecord();
    if(!pRecord) return FALSE;
    if(pRecord->m_nRecordType != CLBR_NANOINDENTATION) return FALSE;
    CString sFileName = "";
    bool bIsTakeToProcess = true;
    if(m_bUseSameFiles) {
        sFileName = m_p1DDocSimpleArray[nInd].m_sPathName;
        bIsTakeToProcess = m_p1DDocSimpleArray[nInd].m_bIsTakeToProcess;
    }
    else {
        sFileName = m_s1DDocNames[nInd];
    }
    ClDDoc *pNewDoc = new ClDDoc();
    pNewDoc->m_bCreateGDIObjects = FALSE;
    BOOL bIsLoadOk = FALSE;
    if(bIsTakeToProcess) { // грузим только разрешенные файлы
        bIsLoadOk = pNewDoc->LoadApr(sFileName, true);
    }
    BOOL bIsDocReadyToProcess = FALSE;
    if(bIsLoadOk) {
        switch(pNewDoc->m_nWindowType) {
            case WT1D_INDENT_MOTOR:
            case WT1D_INDENT_TIME_LOAD_CTRL:
            case WT1D_INDENT_TIME_DISPL_CTRL:
            case WT1D_INDENT_TIME_MIXED_CTRL:
                #pragma omp critical
                {

```

```

        if (pRecord->m_nWindowTypeAllowed == 0) {
            bIsDocReadyToProcess = TRUE;
            pRecord->m_nWindowTypeAllowed = pNewDoc-
>m_nWindowType;
        }
        else {
            if (pRecord->m_nWindowTypeAllowed == pNewDoc-
>m_nWindowType) {
                bIsDocReadyToProcess = TRUE;
            }
        }
    }
    break;
case WT1D_APPR_CURVE:
case WT1D_TWIN_DYNAMIC_INDENT:
case WT1D_TWIN_DYNAMIC_INDENT_SINUS:
    bIsDocReadyToProcess = TRUE;
    break;
}
}
if (bIsDocReadyToProcess) {
    if (!m_bUseSameFiles) {
        C1DDocSimple pDocSimple;
        pDocSimple.m_sPathName = sFileName;
        pDocSimple.m_bIsTakeToProcess = true;
        #pragma omp critical
        {
            m_plDDocSimpleArray.push_back(pDocSimple);
        }
    }
}
else {
    delete pNewDoc;
    pNewDoc = NULL;
}

*pDoc = pNewDoc;
return bIsDocReadyToProcess;
}

int NI_MakeLoadingDiagram(BOOL bSaveFile, BOOL bOpenFile, double fLoBound, double fUpBound,
double &fS, double &fPmax)
{
    CString sTmp = "";
    int nMode = m_nWindowType;
    switch (m_nWindowType) {
        case WT1D_INDENT_TIME_MIXED_CTRL:
        case WT1D_INDENT_TIME_LOAD_CTRL:
        case WT1D_INDENT_TIME_DISPL_CTRL:
            return NI_MakeLoadingDiagram_Normal(bSaveFile, bOpenFile, fLoBound,
fUpBound, fS, fPmax, sTmp, nMode);
            break;
        case WT1D_TWIN_DYNAMIC_INDENT:
            return NI_MakeLoadingDiagram_TwinDynamic(bSaveFile, bOpenFile, fLoBound,
fUpBound, fS, fPmax);
            break;
        case WT1D_TWIN_DYNAMIC_INDENT_SINUS:
            return NI_MakeLoadingDiagram_CSM(bSaveFile, bOpenFile, fLoBound, fUpBound,
fS, fPmax);
            break;
    }
    CMainFrame *pMain = (CMainFrame *)m_pApp->m_pMainWnd;
    CClbrRecord* pRecord = pMain->m_pMeasureNANOINDENT.GetCurrentRecord();
    if (!pRecord) return -1;
    if (pRecord->m_nRecordType != CLBR_NANOINDENTATION) return -2;

    CString sFName = "";

    CString sMsg = "";
    int nRes = -3;

```

```

C1DDoc *pDocNI = new C1DDoc();
pDocNI->m_ds=this->m_ds;
switch(pRecord->m_nIndentApproxModel) {
    case 1:
        nRes = NI_MakeLoadingDiagram_LinearFit(fLoBound, fUpBound, fS, fPmax,
sFName, pDocNI);
        break;
    case 2:
        nRes = NI_MakeLoadingDiagram_PowerFit(fLoBound, fUpBound, fS, fPmax,
sFName, pDocNI);
        break;
}
if (nRes != 0) {
    if (pDocNI) { delete pDocNI; pDocNI=NULL; }
    return FALSE;
}
pDocNI->m_nDocArrayID = m_nDocArrayID;
if (pRecord->m_bApplySystemCompliance) {
    pDocNI->NI_ApplySystemComplianceCorrection(fPmax);
    pDocNI->NI_MakeNewLinearFit(fS);
}
if (bOpenFile) {
    pDocNI->SaveApr(sFName);
    m_pApp->m_p1DDocTemplate->OpenDocumentFile(sFName);
}
CCLbrItem *pNewItem = NULL;
pDocNI->NI_Process(NULL, "", &pNewItem);
if(pDocNI) { delete pDocNI; pDocNI=NULL; }
return 0;
}

int NI_MakeLoadingDiagram_Normal(BOOL bSaveFile, BOOL bOpenFile, double fLoBound, double
fUpBound, double &fS, double &fPmax, CString &sNewFName, int nMode)
{
    CMainFrame *pMain = (CMainFrame *)m_pApp->m_pMainWnd;
    CString sMsg = "";
    CCLbrRecord* pRecord = pMain->m_pMeasureNANOINDENT.GetCurrentRecord();
    if(!pRecord) {
        m_pApp->m_pSetup.WriteMessage("NI ERROR! No active NI record found!");
        return -1;
    }
    if(pRecord->m_nRecordType != CLBR_NANOINDENTATION) {
        m_pApp->m_pSetup.WriteMessage("NI ERROR! Current active record should be NI
type!");
        return -2;
    }
    BOOL bOpenFile1 = bOpenFile;
    if (!bSaveFile) bOpenFile1=FALSE;
    sMsg = "Processing file <" + m_pApp->m_pSetup.GetFileName(m_sPathName, 4) + ">";
    m_pApp->m_pSetup.WriteMessage(sMsg);
    CString sFName = "";
    int nRes = -3;
    C1DDoc *pDocNI = NULL;
    if(pRecord->m_bDetectNoiseOnNIDiagramm) {
        nRes = NI_DetectNoise();
        if(nRes != 0) {
            sMsg.Format(_T("Detect noise failed (Error= %d). Exiting routine
NI_MakeLoadingDiagram_54(). (ErrNo=4.111)"), nRes);
            m_pApp->m_pSetup.WriteMessage(sMsg);
            return nRes;
        }
    }
    double fDrift_0=0.0, fDrift_T=0.0, fDrift_Total=0.0;
    NI_CalcThermalDrift_Normal(fDrift_0, fDrift_T, fDrift_Total, nMode);
    double fPmax1 = -1.0;
    nRes = NI_MakeTooth_disjoint(sFName, pDocNI, fPmax1, nMode);
    if(nRes != 0) {
        sMsg.Format("NI ERROR! %s, Line: %d Code: %d", __FILE__, __LINE__, nRes);
        m_pApp->m_pSetup.WriteMessage(sMsg);
        return nRes;
    }
}

```

```

}
if(!pDocNI) {
    m_pApp->m_pSetup.WriteMessage("NI ERROR! Error during P(h) diagram processing!");
    return -3;
}
pDocNI->m_nDocArrayID = m_nDocArrayID;
if(pRecord->m_bApplySystemCompliance) {
    nRes = pDocNI->NI_ApplySystemComplianceCorrection(fPmax1);
    if(nRes != 0) {
        if(pDocNI) { delete pDocNI; pDocNI=NULL; }
        return nRes;
    }
}
pDocNI->NI_SmoothDownFrizz();
nRes = pDocNI->NI_Fit(fLoBound, fUpBound, fS, fPmax);
if(nRes != 0) {
    if(pDocNI) { delete pDocNI; pDocNI=NULL; }
    return nRes;
}
// pacуѐr LateralShift
if((m_pApp->m_pSetup.m_nTempStrCnt >= 0) && (m_pApp->m_pSetup.m_nTempStrCnt < 1000)) {
    float fDepthRecovered=0.0, fMax=0.0;
    pDocNI->m_pGrfPanels.GetAt(0)->m_pGrfData.GetAt(1)->CalcMinMaxX(fDepthRecovered,
fMax);

    CString sTmp = "";
    int nLen = m_sPathName.GetLength();
    sTmp = m_sPathName.Left(nLen-5);
    nLen -= 5;
    int kk = nLen - 1;
    BOOL bFinish = FALSE;
    while(!bFinish) {
        if(sTmp.GetAt(kk) == L'(') {
            sTmp = sTmp.Right(nLen-kk-1);
            bFinish = TRUE;
        }
        kk--;
        if(kk <= 0) {
            bFinish = TRUE;
        }
    }
    #pragma omp critical
}
#pragma omp critical
{
    int nClbrID = pRecord->GetActiveClbrID();
    int nSize = pRecord->m_vctItems.size();
    pDocNI->m_smp_fMu=pRecord->m_fMu;
    pDocNI->m_smp_fMu_tip=pRecord->m_fMu_tip;
    pDocNI->m_smp_fSystemCompliance=pRecord->m_fSystemComplianceCoeff;
    pDocNI->m_smp_nUnloadingFittingModel=pRecord->m_nIndentApproxModel;
    int nActiveClbrID = pRecord->GetActiveClbrID();
    CClbrRecord *pClbr;
    int nCnt = m_pApp->m_pSetup.m_pMeasContainer.GetClbrCnt(-1);
    for(int i = 0; i < nCnt; i++) {
        pClbr = m_pApp->m_pSetup.m_pMeasContainer.m_pClbr.GetAt(i);
        if(pClbr->m_nRecordType == CLBR_NANOINDENTATION) {
            sMsg = pClbr->m_sSampleTitle + " (" + pClbr->m_sProbeUsed + ")";
            if(nActiveClbrID == i) {
                pDocNI->m_smp_sClbrName = sMsg;
                pDocNI->m_smp_nClbrID = pClbr->m_nClbrID;
            }
        }
    }
}
CString sPathName = "", sFNameApr = "";
if(bSaveFile) {
    sFNameApr = sFName;
}
else {

```

```

sPathName = GetPathName();
if(sPathName.GetLength() > 0) {
    sFNameApr = m_pApp->m_pSetup.GetFileName(GetPathName(), 6);
}
else {
    sFNameApr = m_pApp->m_pSetup.GetFileName(m_sPathName, 6);
}
}
double *pDriftData = new double[3];
pDriftData[0] = fDrift_0;
pDriftData[1] = fDrift_T;
pDriftData[2] = fDrift_Total;
int nSize;
CCLbrItem *pNewItem=NULL;
#pragma omp critical
{
    nSize = pRecord->m_vctItems.size();
    nRes = pDocNI->NI_Process(pDriftData, sFNameApr, &pNewItem);
    nSize -= pRecord->m_vctItems.size();
    if((nSize == -1) && (pNewItem != 0)) {
        pDocNI->m_MeasureData.CopyItem(*pNewItem);
    }
}
#pragma omp critical
{
    if(bSaveFile) {
        pDocNI->SaveApr(sFName);
        if(bOpenFile1) {
            m_pApp->m_p1DDocTemplate->OpenDocumentFile(sFName);
        }
    }
}
if (pDriftData) { delete [] pDriftData; pDriftData=NULL;}
if (pDocNI) { delete pDocNI; pDocNI=NULL; }
return nRes;
}

int NI_DetectNoise()
{
    int nRes=0, i=0;
    ClD_GraphData* pGraphZOpt = NULL;
    ClD_DataObject* pLineZOpt = NULL;
    pGraphZOpt = FindGraphByTitle("ZOpt");
    if (!pGraphZOpt) return -1;
    if(pGraphZOpt->GetLineCnt() != 1) {
        return -2;
    }
    pLineZOpt = pGraphZOpt->m_pGrfData.GetAt(0);
    int N = pLineZOpt->m_nValidX1 + 1;
    int k0=0, k1=0, k2=0, k3=0, k4=0;
    int NSpec = pLineZOpt->m_nSpecPtsCnt;
    if(FillK(k0,k1,k2,k3,k4,pLineZOpt)==-7)
        return -7;
    double* pY = new double[N];
    double* pT = new double[N];
    memset(pY, 0, N*sizeof(double));
    memset(pT, 0, N*sizeof(double));
    for(i=0; i<N; i++) {
        pY[i] = (double)pLineZOpt->GetY(i);
        pT[i] = (double)pLineZOpt->GetX(i);
    }
    double fLevel=5.0;
    double fSt=0.0; // сумма значений ti
    double fSy=0.0; // сумма значений yi
    double fStt=0.0; // сумма квадратов ti*ti
    double fSyy=0.0; // сумма квадратов yi*yi
    double fSty=0.0; // сумма произведений ti*yi
    double a=0.0, b=0.0, c=0.0;
    double fSd2=0.0, fSigma=0.0;
    double fConfLevel=0.0;
}

```



```

double fAngle=0.0, fZero=0.0;
if(NSpec == 3 || NSpec == 5) {
    fSt=0.0;
    fSy=0.0;
    fStt=0.0;
    fSyy=0.0;
    fSty=0.0;
    for(i=k1; i<=k2; i++) {
        fSt += pT[i];
        fSy += pY[i];
        fStt += pT[i] * pT[i];
        fSyy += pY[i] * pY[i];
        fSty += pT[i] * pY[i];
    }
    a = double(k2-k1+1)*fSty - fSt*fSy;
    b = fStt*fSy - fSt*fSty;
    c = double(k2-k1+1)*fStt - fSt*fSt;
    fAngle = a/c;
    fZero = b/c;
    fSd2 = fSyy + fAngle*fAngle*fStt + double(k2-k1+1)*fZero*fZero - 2.0*fAngle*fSty -
2.0*fZero*fSy + 2.0*fAngle*fZero*fSt;
    fSigma = sqrt(fSd2/double(k2-k1));
    fConfLevel = fLevel*fSigma;
    for(i=k1; i<=k2; i++) {
        if(abs(pY[i] - fAngle*pT[i] - fZero) > fConfLevel) {
            nRes += 1;
            break;
        }
    }
}
if(NSpec == 4 || NSpec == 5) {
    fSt=0.0;
    fSy=0.0;
    fStt=0.0;
    fSyy=0.0;
    fSty=0.0;
    for(i=k3; i<=k4; i++) {
        fSt += pT[i];
        fSy += pY[i];
        fStt += pT[i] * pT[i];
        fSyy += pY[i] * pY[i];
        fSty += pT[i] * pY[i];
    }
    a = double(k4-k3+1)*fSty - fSt*fSy;
    b = fStt*fSy - fSt*fSty;
    c = double(k4-k3+1)*fStt - fSt*fSt;
    fAngle = a/c;
    fZero = b/c;
    fSd2 = fSyy + fAngle*fAngle*fStt + double(k4-k3+1)*fZero*fZero - 2.0*fAngle*fSty -
2.0*fZero*fSy + 2.0*fAngle*fZero*fSt;
    fSigma = sqrt(fSd2/double(k4-k3));
    fConfLevel = fLevel*fSigma;
    for(i=k3; i<=k4; i++) {
        if(abs(pY[i] - fAngle*pT[i] - fZero) > fConfLevel) {
            nRes += 2;
            break;
        }
    }
}
if (pY) { delete [] pY; pY=NULL; }
if (pT) { delete [] pT; pT=NULL; }
return nRes;
}

BOOL NI_CalcThermalDrift_Normal(double &fDrift0, double &fDrift1, double &fDrift2, int nMode)
{
    fDrift0=0.0;
    fDrift1=0.0;
    fDrift2=0.0;
    double fAngleZOptDrift=0.0;

```

```

double fAngleThermalDrift=0.0;
BOOL bUseFrZeroPoint = FALSE;
BOOL bSubtractInitialDrift = FALSE;
BOOL bUseFiltering = TRUE;
C1D_GraphData* pGraphZOpt = FindGraphByTitle("ZOpt");
if (pGraphZOpt == NULL) return FALSE;
if (pGraphZOpt->GetLineCnt() < 1) return FALSE;
C1D_DataObject* pLineZOpt = pGraphZOpt->m_pGrfData.GetAt(0);
C1D_GraphData* pGraphZStage = FindGraphByTitle("Z_St");
if (pGraphZStage == NULL) return FALSE;
if (pGraphZStage->GetLineCnt() < 1) return FALSE;
C1D_DataObject* pLineZStage = pGraphZStage->m_pGrfData.GetAt(0);
int i=0, j=0;
int N = pLineZOpt->m_nValidX1 + 1;
int k0=0, k1=0, k2=0, k3=0, k4=0;
int NSpec = pLineZOpt->m_nSpecPtsCnt;
if (FillK(k0,k1,k2,k3,k4,pLineZOpt) == -7) {
    return FALSE;
}
double* pX = new double[N];
double* pY = new double[N];
double* pT = new double[N];
#pragma omp parallel
{
    #pragma omp for
    for(i=0; i<N; i++) {
        pX[i] = (double)pLineZStage->GetY(i);
        pY[i] = (double)pLineZOpt->GetY(i);
        pT[i] = (double)pLineZOpt->GetX(i);
    }
}
double fYMin = pY[0];
for(i = 1; i < N; i++) {
    if(fYMin > pY[i]) {
        fYMin = pY[i];
    }
}
for(i = 0; i < N; i++) {
    pY[i] -= fYMin;
}
if(bUseFiltering) {
    int nHalfWidth = 2;
    double* pX2 = new double[N];
    double* pY2 = new double[N];
    double fAvxCoeff = 1.0 / (2.0*double(nHalfWidth) + 1.0);
    #pragma omp parallel
    {
        #pragma omp for
        for(i=nHalfWidth; i<N-nHalfWidth; i++) {
            double avx = 0.0;
            double avy = 0.0;
            int jEnd = i + nHalfWidth + 1;
            for(j = i - nHalfWidth; j < jEnd; j++) {
                avx += pX[j];
                avy += pY[j];
            }
            pX2[i] = fAvxCoeff * avx;
            pY2[i] = fAvxCoeff * avy;
        }
    }
    for(i=0; i<nHalfWidth; i++) {
        pX2[i] = pX[i];
        pY2[i] = pY[i];
    }
    for(i=N-nHalfWidth; i<N; i++) {
        pX2[i] = pX[i];
        pY2[i] = pY[i];
    }
}
if (pX) {
    delete [] pX;
}

```

```

        pX=pX2;
        pX2=NULL;
    }
    else {
        delete [] pX2;
    }
    if (pY) {
        delete [] pY;
        pY=pY2;
        pY2=NULL;
    }
    else {
        delete [] pY2;
    }
}
int k0bis = int(k0*0.75);
double fAngle=0.0, fZero=0.0, fy0bis=0.0;
if (k0 <= 5) k0bis = 51;
bool bIsNeedFindZeroLoadingPoint = !bUseFrZeroPoint && k0bis>50;
if(bIsNeedFindZeroLoadingPoint) {
    bIsNeedFindZeroLoadingPoint = bIsNeedFindZeroLoadingPoint && m_pApp-
>m_pMath.FindZeroLoadingPoint(pT, pY, 0, k1, 1, -1, fAngle, fZero, k0bis);
}
if(bIsNeedFindZeroLoadingPoint) {
    fy0bis = fAngle*pT[k0bis] + fZero;
    pY[k0bis] = fy0bis;
}
else {
    k0bis = k0;
    fy0bis = pY[k0];
}
fAngleZOptDrift = fAngle;
if (bSubtractInitialDrift) {
    for(i=0; i<N; i++) {
        pY[i] -= fAngle*(pT[i]);
    }
}
float fParagraph = 20;
int di = int((k4 - k3) * fParagraph / 100.0);
int i0 = k3 + di;
int i1 = k4 - di;
if (NSpec > 3 && i1 > i0) {
    if(nMode == WT1D_INDENT_TIME_MIXED_CTRL) { // 54: mixed
        m_pApp->m_pMath._fnLinearFit(pT, pX, i0, i1, fAngle, fZero);
    }
    else { // 62: displacement
        m_pApp->m_pMath._fnLinearFit(pT, pY, i0, i1, fAngle, fZero);
    }
    fAngleThermalDrift = fAngle;
}
double fLevel0=0.0, fLevel1=0.0;
int nWidth = 10;
for(i = 0; i < nWidth; i++) {
    fLevel0 += pY[11+i];
    fLevel1 += pY[N-12-i];
}
double fOverallDrift = (fLevel1 - fLevel0) / nWidth;
fDrift0 = fAngleZOptDrift;
fDrift1 = fAngleThermalDrift;
fDrift2 = fOverallDrift;
if (pX) { delete [] pX; pX=NULL; }
if (pY) { delete [] pY; pY=NULL; }
if (pT) { delete [] pT; pT=NULL; }
return TRUE;
}

int NI_MakeTooth_disjoint(CString &sFName, ClDDoc* &pDocNI, double &fPmax, int nMode)
{
    CMainFrame *pMain = (CMainFrame *)m_pApp->m_pMainWnd;
    CClbrRecord* pRecord = pMain->m_pMeasureNANOINDENT.GetCurrentRecord();
}

```

```

if(!pRecord) {
    m_pApp->m_pSetup.WriteMessage("NI ERROR! No active NI record found!");
    return -1;
}
if(pRecord->m_nRecordType != CLBR_NANOINDENTATION) {
    m_pApp->m_pSetup.WriteMessage("NI ERROR! Current active record should be NI
type!");
    return -2;
}
sFName = "";
BOOL bSubtractInitialDrift = FALSE;
BOOL bSubtractThermoDrift = pRecord->m_bProcessThermoDrift;
BOOL bUseFiltering = TRUE;
ClD_GraphData* pGraphZOpt = NULL;
ClD_GraphData* pGraphZStage = NULL;
ClD_GraphData* pGraphFr = NULL;
ClD_DataObject* pLineZOpt = NULL;
ClD_DataObject* pLineZStage = NULL;
ClD_DataObject* pLineFr = NULL;
int fiction = 0;
pGraphZOpt = FindGraphByTitle("ZOpt");
if(!pGraphZOpt) {
    return -41;
}
if(pGraphZOpt->GetVisLineCnt(fiction) < 1) {
    m_pApp->m_pSetup.WriteMessage("NI ERROR! Invalid lines count in ZOpt graph!");
    return -4;
}
pLineZOpt = pGraphZOpt->m_pGrfData.GetAt(0);
pGraphZStage = FindGraphByTitle("Z_St");
if(!pGraphZStage) {
    return -51;
}
//pGraphZStage = m_pGrfPanels.GetAt(3);
if(pGraphZStage->GetVisLineCnt(fiction) < 1) {
    m_pApp->m_pSetup.WriteMessage("NI ERROR! Invalid lines count in ZStage graph!");
    return -5;
}
pLineZStage = pGraphZStage->m_pGrfData.GetAt(0);
pGraphFr = FindGraphByTitle("Fr");
if(pGraphFr) {
    //pGraphFr = m_pGrfPanels.GetAt(0);
    if(pGraphFr->GetVisLineCnt(fiction) >= 1) {
        pLineFr = pGraphFr->m_pGrfData.GetAt(0);
    }
}
int N = pLineZOpt->m_nValidX1 + 1;
int k0=0, k1=0, k2=0, k3=0, k4=0;
int NSpec = pLineZOpt->m_nSpecPtsCnt;
if(FillK(k0, k1, k2, k3, k4, pLineZOpt) == -7) {
    return -7;
}
double* pX = new double[N];
double* pY = new double[N];
double* pT = new double[N];
double* pFr = new double[N];
memset(pFr, 0, N*sizeof(double));
for(int i = 0; i < N; i++) {
    pX[i] = (double)pLineZStage->GetY(i);
    pY[i] = (double)pLineZOpt->GetY(i);
    pT[i] = (double)pLineZOpt->GetX(i);
    if(pLineFr) {
        pFr[i] = (double)pLineFr->GetY(i);
    }
}
double fYMin = pY[0];
for(int i = 1; i < N; i++) {
    if(fYMin > pY[i]) {
        fYMin = pY[i];
    }
}

```

```

}
for(int i = 0; i < N; i++) {
    pY[i] -= fyMin;
}
if(bUseFiltering) {
    int nHalfWidth = 2;
    double avx = 0.0, avy = 0.0;
    double* pX2 = new double[N];
    double* pY2 = new double[N];
    memset(pX2, 0, N*sizeof(double));
    memset(pY2, 0, N*sizeof(double));
    for(int i = nHalfWidth; i < N - nHalfWidth; i++) {
        avx = 0.0;
        avy = 0.0;
        for(int j = i - nHalfWidth; j < i + nHalfWidth + 1; j++) {
            avx += pX[j];
            avy += pY[j];
        }
        pX2[i] = avx / (2.0 * nHalfWidth + 1.0);
        pY2[i] = avy / (2.0 * nHalfWidth + 1.0);
    }
    for(int i = 0; i < nHalfWidth; i++) {
        pX2[i] = pX[i];
        pY2[i] = pY[i];
    }
    for(int i = N - nHalfWidth; i < N; i++) {
        pX2[i] = pX[i];
        pY2[i] = pY[i];
    }
    if(pX) { delete [] pX; pX=pX2; pX2=NULL; }
    if(pY) { delete [] pY; pY=pY2; pY2=NULL; }
}
int k0bis = int(k0 * 0.75);
double fAngle=0.0, fZero=0.0, fy0bis=0.0;
C1D_DataObject* pData = pGraphZOpt->m_pGrfData.GetAt(0);
bool bFlag;
{
    int nCourse = -1;
    int nTurn = -1;
    bool bIsNeedAddManualPoint = false;
    int nError = -1;
    #pragma omp critical
    {
        nError = NI_FindZeroPoint<double>(pT, pY, pFr, 0, k1, nCourse, nTurn,
pGraphZOpt, pData, k0, k0bis, fy0bis, bIsNeedAddManualPoint);
    }
    if(ERR_NONE == nError) {
        if(bIsNeedAddManualPoint) {
            if(nError = pData->AddManualPoint(pT[k0bis])) {
                return nError;
            }
        }

        SetModifiedFlag();
        if(this->m_pLDView) {
            this->m_pLDView->Invalidate();
        }
    }
    else if(ERR_INCORRECT_FIND_ZERO_MODE == nError) {
        MessageBox(NULL, m_pApp->GetErrorText(nError), m_pApp->m_sProgramName,
MB_ICONERROR);
        return nError;
    }
}
int nSpPointThresh = 3;
if(pLineZOpt->FindSpecialPoint(SPT_MANUAL_CONTACT) != -1) {
    ++nSpPointThresh;
}
bool bIsNeedFindContactPointOutEndPoint = (NSpec <= nSpPointThresh) ? true : false;
int nSpPointUnloadingEnd = pLineZOpt->FindSpecialPoint(SPT_UNLOADING_END);

```

```

if(nSpPointUnloadingEnd != -1) {
    k3 = pLineZOpt->FindNearestPtIndex(pLineZOpt-
>m_fSpecialPoints[nSpPointUnloadingEnd]);
    bIsNeedFindContactPointOutEndPoint = false;
}
if(bIsNeedFindContactPointOutEndPoint) {
    int k3bis = k3;
    double fAngle3=0.0, fZero3=0.0;
    int NT0 = k4, NT1 = k4 - 100;
    m_pApp->m_pMath.FindZeroLoadingPoint(pT, pY, k2, NT0, NT1, -1, 1, fAngle3, fZero3,
k3bis, 5.0, FALSE);
    k3 = k3bis;
    k4 = k3;
}
if(bSubtractInitialDrift) {
    for(int i = 0; i < N; i++) {
        pY[i] -= fAngle * pT[i];
    }
}
float fParagraph = 20;
int di,i0,i1;
di = int((k4 - k3) * fParagraph / 100.0);
i0 = k3 + di;
i1 = k4 - di;
if(bSubtractThermoDrift) {
    if(NSpec > nSpPointThresh && i1 > i0) {
        if(nMode == WT1D_INDENT_TIME_MIXED_CTRL) { // 54: mixed
            m_pApp->m_pMath._fnLinearFit(pT, pX, i0, i1, fAngle, fZero);
            for(int i = 0; i < N; i++) {
                pX[i] -= fAngle*(pT[i] - pT[k0bis]);
            }
        }
        else { // 62: displacement
            m_pApp->m_pMath._fnLinearFit(pT, pY, i0, i1, fAngle, fZero);
            for(int i = 0; i < N; i++) {
                pY[i] -= fAngle*(pT[i] - pT[k0bis]);
            }
        }
    }
}
int i0f = k0bis;
int i1f = k2;
int Nf = i1f - i0f + 1;
int i0b = k2;
int i1b = k3;
int Nb = i1b - i0b + 1;
double fdy_0 = pY[i0f];
double fdxf = pX[i0f];
double fdxb = pX[i0f];
for(int i = i1f; i >= i0f; i--) {
    pX[i] -= fdxf;
    pY[i] -= fdy_0;
}
for(int i = i1b; i > i0b; i--) {
    pX[i] -= fdxb;
    pY[i] -= fdy_0;
}
if(i0b > i1f) {
    pX[i0b] -= fdxb;
    pY[i0b] -= fdy_0;
}
if(Nf <= 0 || Nb <= 0) {
    if(pX) { delete [] pX; pX=NULL; }
    if(pY) { delete [] pY; pY=NULL; }
    if(pT) { delete [] pT; pT=NULL; }
    if(pFr) { delete [] pFr; pFr=NULL; }
    return -8;
}
C1DDoc* pTempDoc = new C1DDoc();
pTempDoc->m_ds=this->m_ds;

```

```

C1D_GraphData* pTempGraph = new C1D_GraphData();
pTempDoc->m_pGrfPanels.Add(pTempGraph);
C1D_DataObject* pTempLineForward = new C1D_DataObject(Nf);
pTempDoc->m_pGrfPanels.GetAt(0)->AddGraphic(pTempLineForward);
C1D_DataObject* pTempLineBack = new C1D_DataObject(Nb);
pTempDoc->m_pGrfPanels.GetAt(0)->AddGraphic(pTempLineBack);
pTempGraph->m_sTitle = "Indent";
pTempGraph->m_sXDesc = "h";
pTempGraph->m_sXUnits = "";
pTempGraph->m_nXUnit = UNITS_NM;
pTempLineForward->AllocateDataXY();
pTempLineForward->m_sTitle = "Forward";
pTempLineForward->m_sYDesc = "P";
pTempLineForward->m_sYUnits = "";
pTempLineForward->m_nYUnits = UNITS_MC_NEWTON;
pTempLineForward->m_nLineType = pLineZOpt->m_nLineType;
pTempLineForward->m_crGrf = RGB(0, 0, 0);
pTempLineForward->InitGrfPen();
pTempLineForward->m_nLineID = pLineZOpt->m_nLineID;
//pTempLineForward->m_sTitle = pLineZOpt->m_sTitle;
pTempLineForward->m_sSrcFile = pLineZOpt->m_sSrcFile;
int nAvgCnt = 3;
fPmax = 0;
for(int i = i0f; i <= ilf; i++) {
    pTempLineForward->SetX(i - i0f, float(pX[i]));
    pTempLineForward->SetY(i - i0f, float(pY[i]));
    if(i > ilf - nAvgCnt) {
        fPmax += pY[i];
    }
}

fPmax /= double(nAvgCnt);
pTempLineBack->AllocateDataXY();
pTempLineBack->m_sTitle = "Backward";
pTempLineBack->m_sYDesc = "P";
pTempLineBack->m_sYUnits = "";
pTempLineBack->m_nYUnits = UNITS_MC_NEWTON;
pTempLineBack->m_nLineType = pLineZOpt->m_nLineType;
pTempLineBack->m_crGrf = RGB(0, 0, 0);
pTempLineBack->InitGrfPen();
pTempLineBack->m_nLineID = pLineZOpt->m_nLineID;
//pTempLineBack->m_sTitle = pLineZOpt->m_sTitle;
pTempLineBack->m_sSrcFile = pLineZOpt->m_sSrcFile;

for(int i = i0b; i <= ilb; i++) {
    pTempLineBack->SetX(i - i0b, float(pX[i]));
    pTempLineBack->SetY(i - i0b, float(pY[i]));
}
float fMinX=0.0, fMaxX=0.0;
pTempGraph->GetAbsMinMaxX(fMinX, fMaxX);
pTempDoc->m_fZoom0 = fMinX - 1.0;
pTempDoc->m_fZoom1 = fMaxX + 1.0;
pTempGraph->bMark.m_fXph = fMinX; //pX[i1b80]*1e9;
pTempGraph->eMark.m_fXph = fMaxX;
CString sTmpFileName = m_pApp->m_pSetup.GetFileName(GetPathName(), 6);
if(sTmpFileName.GetLength() <= 0) {
    sTmpFileName = m_sPathName;
}
sFName = m_pApp->m_pSetup.GetFileName(sTmpFileName, 3) + "-P(h).apr";
CString sBuf = "";
CString sDir = m_pApp->m_pSetup.GetFileName(sFName, 1);
CString sFName1 = sFName;
int nPhCnt = 1;
while(m_pApp->findfile(sDir, sFName1)) {
    sBuf.Format(_T("%d.apr"), nPhCnt);
    sFName1 = m_pApp->m_pSetup.GetFileName(sFName, 3) + sBuf;
    nPhCnt++;
}
sFName = sFName1;
pTempDoc->m_nWindowType = WT1D_INDENT_PH;

```



```

pTempDoc->m_fProbeStiffness = m_fProbeStiffness;
pTempDoc->m_sProbeUsed = m_sProbeUsed;
pTempDoc->m_sPathName = sFName;
pTempDoc->m_fLoadLimit = m_fLoadLimit;
pTempDoc->m_fTestXMotor = m_fTestXMotor;
pTempDoc->m_fTestYMotor = m_fTestYMotor;
pTempDoc->m_fTestZMotor = m_fTestZMotor;
pTempDoc->m_fTestXPiezo = m_fTestXPiezo;
pTempDoc->m_fTestYPiezo = m_fTestYPiezo;
pTempDoc->m_fTestZPiezo = m_fTestZPiezo;
pDocNI = pTempDoc;
if(pX) { delete [] pX; pX=NULL; }
if(pY) { delete [] pY; pY=NULL; }
if(pT) { delete [] pT; pT=NULL; }
if(pFr) { delete [] pFr; pFr=NULL; }
return 0;
}

int NI_ApplySystemComplianceCorrection(double fPmax, int nGraph)
{
    CMainFrame *pMain = (CMainFrame *)m_pApp->m_pMainWnd;
    int nPts = 0;
    double fComplianceCorrection = 0.0;
    CClbrRecord* pRecord = NULL;
    int nErrorNum = 0;
    #pragma omp critical
    {
        pRecord = pMain->m_pMeasureNANOINDENT.GetCurrentRecord();
        if (!pRecord) {
            nErrorNum = -101;
        }
        else if (pRecord->m_nRecordType != CLBR_NANOINDENTATION) {
            nErrorNum = -102;
        }
        else {
            fComplianceCorrection = pRecord->m_fSystemComplianceCoeff * 1E-3;
            if (fComplianceCorrection < 1.0e-10) {
                nErrorNum = -103;
            }
        }
    }
    if(nErrorNum < 0) {
        return nErrorNum;
    }
    ClD_GraphData* pGrf = m_pGrfPanels.GetAt(nGraph);
    ClD_DataObject* pLineFwd = pGrf->m_pGrfData.GetAt(0);
    ClD_DataObject* pLineBck = pGrf->m_pGrfData.GetAt(1);
    nPts = pLineFwd->GetPts();
    float fX0 = pLineFwd->GetX(0);
    float fY0 = pLineFwd->GetY(0);
    float fX = 0.0, fY=0.0, fdX=0.0, fdY=0.0;
    for(int i = 1; i < nPts; i++) {
        fX = pLineFwd->GetX(i);
        fY = pLineFwd->GetY(i);
        fdX = fX - fX0;
        fdY = fY - fY0;
        fdX -= fComplianceCorrection * fdY;
        fX = fX0 + fdX;
        pLineFwd->SetX(i, fX);
    }
    nPts = pLineBck->GetPts();
    for(int i = 0; i < nPts; i++) {
        fX = pLineBck->GetX(i);
        fY = pLineBck->GetY(i);
        fdX = fX - fX0;
        fdY = fY - fY0;
        fdX -= fComplianceCorrection * fdY;

        fX = fX0 + fdX;
        pLineBck->SetX(i, fX);
    }
}

```

```

}
C1D_DataObject* pLine = pGrf->FindLineByTitle("Relax");
if(pLine != NULL) {
    float* pDataX = pLine->GetDataX();
    float* pDataY = pLine->GetDataY();
    nPts = pLine->GetPts();
    for(int i = 0; i < nPts; i++) {
        fX = pDataX[i];
        fY = pDataY[i];
        fdX = fX - fX0;
        fdY = fY - fY0;
        fdX -= fComplianceCorrection * fdY;
        fX = fX0 + fdX;
        pDataX[i] = fX;
    }
}
return 0;
}

int NI_SmoothDownFrizz()
{
    if(m_pGrfPanels.GetSize() != 1) return -1;
    CMainFrame *pMain = (CMainFrame *)m_pApp->m_pMainWnd;
    int nError = 0;
    CClbrRecord* pRecord = NULL;
    #pragma omp critical
    {
        pRecord = pMain->m_pMeasureNANOINDENT.GetCurrentRecord();
        if (!pRecord) {
            nError = -101;
        }
        else if (pRecord->m_nRecordType != CLBR_NANOINDENTATION) {
            nError = -102;
        }
    }
    if(nError < 0) {
        return nError;
    }
    int i=0, nPtsFwd=0, nPtsBck=0;
    C1D_GraphData* pGrf = m_pGrfPanels.GetAt(0);
    C1D_DataObject* pLineFwd = pGrf->m_pGrfData.GetAt(0);
    C1D_DataObject* pLineBck = pGrf->m_pGrfData.GetAt(1);
    nPtsFwd = pLineFwd->GetPts();
    nPtsBck = pLineBck->GetPts();
    double* pXFwd = new double[nPtsFwd];
    double* pYFwd = new double[nPtsFwd];
    double* pXBck = new double[nPtsBck];
    double* pYBck = new double[nPtsBck];
    for(i=0; i<nPtsFwd; i++) {
        pXFwd[i] = (double)pLineFwd->GetX(i);
        pYFwd[i] = (double)pLineFwd->GetY(i);
    }
    for(i=0; i<nPtsBck; i++) {
        pXBck[i] = (double)-pLineBck->GetX(i);
        pYBck[i] = (double)-pLineBck->GetY(i);
    }

    m_pApp->m_pMath._fnMonotonize(pXFwd,nPtsFwd);
    m_pApp->m_pMath._fnGetRidOfRepetitions(pXFwd,pYFwd,nPtsFwd);
    m_pApp->m_pMath._fnMonotonize(pXBck,nPtsBck);
    m_pApp->m_pMath._fnGetRidOfRepetitions(pXBck,pYBck,nPtsBck);
    C1D_DataObject* pNewLineFwd = new C1D_DataObject(nPtsFwd);
    pGrf->AddGraphic(pNewLineFwd);
    C1D_DataObject* pNewLineBck = new C1D_DataObject(nPtsBck);
    pGrf->AddGraphic(pNewLineBck);
    pNewLineFwd->AllocateDataXY();
    pNewLineFwd->m_sYDesc = pLineFwd->m_sYDesc;
    pNewLineFwd->m_sYUnits = pLineFwd->m_sYUnits;
    pNewLineFwd->m_nYUnits = pLineFwd->m_nYUnits;
    pNewLineFwd->m_nLineType = pLineFwd->m_nLineType;
}

```

```

pNewLineFwd->m_crGrf = pLineFwd->m_crGrf;
pNewLineFwd->InitGrfPen();
pNewLineFwd->m_nLineID = pLineFwd->m_nLineID;
pNewLineFwd->m_sTitle = pLineFwd->m_sTitle;
pNewLineFwd->m_sSrcFile = pLineFwd->m_sSrcFile;
for(i = 0; i < nPtsFwd; i++) {
    pNewLineFwd->SetX(i, float(pXFwd[i]));
    pNewLineFwd->SetY(i, float(pYFwd[i]));
}
pNewLineBck->AllocateDataXY();
pNewLineBck->m_sYDesc = pLineBck->m_sYDesc;
pNewLineBck->m_sYUnits = pLineBck->m_sYUnits;
pNewLineBck->m_nYUnits = pLineBck->m_nYUnits;
pNewLineBck->m_nLineType = pLineBck->m_nLineType;
pNewLineBck->m_crGrf = pLineBck->m_crGrf;
pNewLineBck->InitGrfPen();
pNewLineBck->m_nLineID = pLineBck->m_nLineID;
pNewLineBck->m_sTitle = pLineBck->m_sTitle;
pNewLineBck->m_sSrcFile = pLineBck->m_sSrcFile;
for(i = 0; i < nPtsBck; i++) {
    pNewLineBck->SetX(i, float(-pXBck[i]));
    pNewLineBck->SetY(i, float(-pYBck[i]));
}
pGrf->RemoveGraphic(0);
pGrf->RemoveGraphic(0);
if (pXFwd) { delete [] pXFwd; pXFwd=NULL; }
if (pYFwd) { delete [] pYFwd; pYFwd=NULL; }
if (pXBck) { delete [] pXBck; pXBck=NULL; }
if (pYBck) { delete [] pYBck; pYBck=NULL; }
return 0;
}

int NI_Fit(double fLoBound, double fUpBound, double &fS, double &fPmax, int nGraph)
{
    if(m_pGrfPanels.GetSize() < 1) {
        return -3;
    }
    int fiction = 0;
    C1D_GraphData* pGraph = m_pGrfPanels.GetAt(nGraph);
    if(pGraph->GetVisLineCnt(fiction) < 2) {
        return -4;
    }
    C1D_DataObject* pLineForward = pGraph->m_pGrfData.GetAt(0);
    C1D_DataObject* pLineBack = pGraph->m_pGrfData.GetAt(1);
    int nErr = NI_Fit(pLineForward, pLineBack, fLoBound, fUpBound, fS, fPmax, nGraph);
    return nErr;
}

int NI_Fit(C1D_DataObject* pLineForward, C1D_DataObject* pLineBack, double fLoBound, double
fUpBound, double &fS, double &fPmax, int nGraph)
{
    CMainFrame *pMain = (CMainFrame *)m_pApp->m_pMainWnd;
    int nRecordIndentApproxModel = 0;
    BOOL bRecordAutoLoBound = FALSE;
    int nError = 0;
    CClbrRecord* pRecord = NULL;
    #pragma omp critical
    {
        pRecord = pMain->m_pMeasureNANOINDENT.GetCurrentRecord();
        if(!pRecord) {
            m_pApp->m_pSetup.WriteMessage("NI ERROR! No active NI record found!");
            nError = -1;
        }
        if(pRecord->m_nRecordType != CLBR_NANOINDENTATION) {
            nError = -2;
        }
        nRecordIndentApproxModel = pRecord->m_nIndentApproxModel;
        bRecordAutoLoBound = pRecord->m_bAutoLoBound;
    }
    if(nError < 0) {

```

```

        return nError;
    }
    BOOL bAskLowApproxBound = FALSE; //TRUE;
    C1D_GraphData* pGraph = m_pGrfPanels.GetAt(nGraph);
    int i=0, k=0;
    int Nf = pLineForward->m_nValidX1 + 1;
    int Nb = pLineBack->m_nValidX1 + 1;
    double* pX = new double[Nb];
    double* pY = new double[Nb];
    memset(pX, 0, Nb*sizeof(double));
    memset(pY, 0, Nb*sizeof(double));

    for(i=0; i<Nb; i++) {
        pX[i] = (double)pLineBack->GetX(i);
        pY[i] = (double)pLineBack->GetY(i);
    }
    int i0b=0, i1b=Nb-1;
    for(i=i1b; i>=i0b; i--) {
        pX[i] *= 1.0e-9; // nm -> m
        pY[i] *= 1E-6; // uN -> N
    }
    pLineForward->CalcMean(Nf - 3, Nf - 1, fPmax);
    float fMinX=0.0, fMaxX=0.0;
    int i0b90=0, i1b75=0, i0b80=0, i1b80=0;
    double fAngleDeriv=0.0, fZeroDeriv=0.0, fx0Deriv=0.0;
    double fA=0.0, fx0=0.0, fm=0.0, fx1=0.0, fy1=0.0, fm0=0.0, fm1=0.0, epsilon=0.0,
    fx1_meas=0.0;
    double fFitDelta=0.0, fFitDeltaMin=0.0, fLowBound=0.0, DD=0.0, DD2=0.0;
    double fx1_80=0.0, fy1_80=0.0;
    double fXP0=0.0, fXP1=0.0, fdXP=0.0, fXPc=0.0;
    BOOL bInitFitDelta=FALSE, bRes=FALSE;
    C1D_DataObject* pDeriv = new C1D_DataObject(2);
    switch(nRecordIndentApproxModel) {
    case 1:
        fx1 = pX[i0b];
        fy1 = pY[i0b];
        i0b90 = i0b;
        i1b75 = i0b90;
        fAngleDeriv = 0.0;
        fZeroDeriv = 0.0;
        while(pY[i0b90] > fUpBound * fy1) {
            i0b90++;
        }
        i1b75 = i1b;
        while(pY[i1b75] < fLoBound * fy1) {
            i1b75--;
        }
        m_pApp->m_pMath._fnLinearFit(pX, pY, i0b90, i1b75, fAngleDeriv, fZeroDeriv);
        fx0Deriv = - fZeroDeriv / fAngleDeriv;
        fS = fAngleDeriv;
        if (Nf < 3 || Nb < 3) {
            if (pX) { delete [] pX; pX=NULL; }
            if (pY) { delete [] pY; pY=NULL; }
            return -5;
        }
        m_fPowerLawNIFit_m = 1.0;
        m_fPowerLawNIFit_K = 0.0;
        pGraph->AddGraphic(pDeriv);
        pDeriv->AllocateDataXY();
        pDeriv->m_bFunction = TRUE;
        pDeriv->m_sYDesc = "P";
        pDeriv->m_sYUnits = "";
        pDeriv->m_nYUnits = UNITS_MC_NEWTON;
        pDeriv->m_nLineType = pLineBack->m_nLineType;
        pDeriv->m_fZeroPoint = pLineBack->m_fZeroPoint;
        pDeriv->m_crGrf = RGB(0, 0, 0);
        pDeriv->InitGrfPen();
        pDeriv->m_nLineID = pLineBack->m_nLineID;
        pDeriv->m_sTitle = pLineBack->m_sTitle+"_Deriv";
        pDeriv->m_sSrcFile = pLineBack->m_sSrcFile;
    }

```

RU.ЭДНТПС.00001-01 12 03

```

pDeriv->SetFuncDefRange(float(fx0Deriv*1.0e9), float(fx1*1.0e9));
pDeriv->SetY(0, fZeroDeriv * 1.0e6);
pDeriv->SetY(1, fAngleDeriv * 1.0e-3);
pDeriv->m_nSpecPtsCnt = 2;
pDeriv->m_fSpecialPoints[0] = fx0Deriv * 1.0e9;
pDeriv->m_fSpecialPoints[1] = fx1 * 1.0e9;
pGraph->GetAbsMinMaxX(fMinX, fMaxX);
m_fZoom0 = fMinX - 1.0;
m_fZoom1 = fMaxX + 1.0;
pGraph->bMark.m_fXph = pX[i1b75]*1e9;
pGraph->eMark.m_fXph = pX[i0b90]*1e9;
break;
case 2:
    fA=0.0;
    fx0=0.0;
    fm=0.0;
    fx1 = pX[i0b];
    fy1 = pY[i0b];
    i1b80 = i1b;
    fm0=1.0;
    fm1=5.5;
    epsilon = 0.001;
    fx1_meas = pX[i0b]*1E9;
    fFitDelta = 0.0;
    fFitDeltaMin = 0.0;
    fLowBound = 0.0;
    bInitFitDelta = FALSE;
    i0b80 = i0b;
    while(pY[i0b80] > fUpBound * fy1) {
        i0b80++;
    }
    i=15;
    m_nLowerNIApproxBound = 50;
    DD=abs(pX[i0b]-pX[i1b]);
    DD2=1.0;
    bRes=FALSE;
    if(bRecordAutoLoBound) {
        do {
            fLowBound = (double)i/100.0;
            i1b80 = i1b;
            while(pY[i1b80] < fLowBound * fy1) {
                i1b80--;
            }
            bRes = m_pApp->m_pMath._fnPowerFit(pX, pY, i0b80, i1b80, fm0, fm1,
epsilon, fA, fx0, fm, fx1);
            if(bRes) {
                DD2 = 0.0;
                for(k = i0b80; k <= i1b80; k++) {
                    if(pY[k] / fA >= 0) { // WTF: астарожна!
                        double fDD = (pX[k] - pow(pY[k]/fA,1./fm) -
fx0);

                        DD2 += fDD * fDD;
                    }
                }

                fFitDelta = DD / DD2;
                DD = DD2;
                if(fFitDelta < 1.5) {
                    bInitFitDelta=TRUE;
                    m_nLowerNIApproxBound = i;
                }
            }
            i+=5;
        } while(i <= 81 && !bInitFitDelta);
        if(m_nLowerNIApproxBound > 85) {
            m_nLowerNIApproxBound = 85;
        }
        fLowBound = (double)m_nLowerNIApproxBound/100.0;
        fLoBound = fLowBound;
    }
}

```

```

ilb80 = ilb;
while(pY[ilb80] < fLoBound * fy1) {
    ilb80--;
}
m_nLowerNIApproxBound = static_cast<int>(fLoBound);
bRes = m_pApp->m_Math._fnPowerFit(pX, pY, i0b80, ilb80, fm0, fml, epsilon, fA,
fx0, fm, fx1);
    fx1_80 = pX[i0b];
    fy1_80 = fy1; //fA*pow(fx1_80 - fx0, fm);
    fx1_80 = fx0 + pow(fy1/fA, 1.0/fm);
    fAngleDeriv = fm * fA * pow(fx1_80 - fx0, fm - 1.0);
    fZeroDeriv = fy1_80 - fAngleDeriv * fx1_80;
    fx0Deriv = - fZeroDeriv / fAngleDeriv;
    fS = fAngleDeriv;
    m_fPowerLawNIFit_m = fm;
    m_fPowerLawNIFit_K = fA;
    C1D_DataObject* pPower = new C1D_DataObject(101);
    pGraph->AddGraphic(pPower);
    pPower->AllocateDataXY();
    pPower->m_sYDesc = "P";
    pPower->m_sYUnits = "";
    pPower->m_nYUnits = UNITS_MC_NEWTON;
    pPower->m_nLineType = pLineBack->m_nLineType;
    pPower->m_crGrf = RGB(44, 44, 11);
    pPower->InitGrfPen();
    pPower->m_nLineID = pLineBack->m_nLineID;
    pPower->m_sTitle = pLineBack->m_sTitle+"_Power";
    pPower->m_sSrcFile = pLineBack->m_sSrcFile;
    fXP0 = fx1_80;
    fXP1 = fx0;
    fdXP = (fXP1-fXP0)/100.0;
    for(i = 0; i <= 100; i++) {
        fXPc = fXP0 + double(i)*fdXP;
        pPower->SetX(i, fXPc * 1.0e9);
        pPower->SetY(i, fA * pow(fXPc - fx0, fm) * 1.0e6);
    }
    pPower->m_nSpecPtsCnt = 2;
    pPower->m_fSpecialPoints[0] = fXP0 * 1.0e9;
    pPower->m_fSpecialPoints[1] = fXP1 * 1.0e9;
    pGraph->AddGraphic(pDeriv);
    pDeriv->AllocateDataXY();
    pDeriv->m_bFunction = TRUE;
    pDeriv->m_sYDesc = "P";
    pDeriv->m_sYUnits = "";
    pDeriv->m_nYUnits = UNITS_MC_NEWTON;
    pDeriv->m_nLineType = pLineBack->m_nLineType;
    pDeriv->m_crGrf = RGB(0, 0, 0);
    pDeriv->InitGrfPen();
    pDeriv->m_nLineID = pLineBack->m_nLineID;
    pDeriv->m_sTitle = pLineBack->m_sTitle+"_Deriv";
    pDeriv->m_sSrcFile = pLineBack->m_sSrcFile;
    pDeriv->SetFuncDefRange( float(fx0Deriv*1.0e9), float(fx1_80*1.0e9) );
    pDeriv->SetY(0, fZeroDeriv * 1.0e6);
    pDeriv->SetY(1, fAngleDeriv * 1.0e-3);
    pDeriv->m_nSpecPtsCnt = 2;
    pDeriv->m_fSpecialPoints[0] = fx0Deriv * 1.0e9;
    pDeriv->m_fSpecialPoints[1] = fx1_80 * 1.0e9;
    pGraph->GetAbsMinMaxX(fMinX, fMaxX);
    m_fZoom0 = fMinX - 1.0;
    m_fZoom1 = fMaxX + 1.0;
    pGraph->bMark.m_fXph = pX[ilb80]*1e9;
    pGraph->eMark.m_fXph = fMaxX;
    break;
}
if (pX) { delete [] pX; pX=NULL; }
if (pY) { delete [] pY; pY=NULL; }
return 0;
}

```

```

int NI_Process(double *pDriftData, CString sFNameApr, CClbrItem **pNewItem, int nGraph, double
fZContact)
{
    CMainFrame *pMain = (CMainFrame *)m_pApp->m_pMainWnd;
    CClbrRecord* pRecord = pMain->m_pMeasureNANOINDENT.GetCurrentRecord();
    if(!pRecord) {
        return -1;
    }
    if(pRecord->m_nRecordType != CLBR_NANOINDENTATION) {
        m_pApp->m_pSetup.WriteMessage("NI ERROR! Current active record should be NI
type!");
        return -2;
    }
    CClbrRecord *pClbr = NULL;
    if(!pRecord->m_bRefRecord) {
        int nActiveClbrID = pRecord->GetActiveClbrID();
        if(nActiveClbrID < 0) {
            return -3;
        }
        int nClbrCnt = m_pApp->m_pSetup.m_pMeasContainer.m_pClbr.GetSize();
        if(nActiveClbrID >= nClbrCnt) {
            return -4;
        }

        pClbr = m_pApp->m_pSetup.m_pMeasContainer.m_pClbr.GetAt(nActiveClbrID);
        if(!pClbr) {
            return -5;
        }
        if(pClbr->m_nRecordType != CLBR_NANOINDENTATION) {
            m_pApp->m_pSetup.WriteMessage("NI ERROR! Selected active calibration sould
be NI type!");
            return -6;
        }
    }
    CString sMsg = "";
    C1D_GraphData* pGraph = NULL;
    C1D_DataObject* pLineForward = NULL;
    C1D_DataObject* pLineBack = NULL;
    C1D_DataObject* pLineDeriv = NULL;
    C1D_DataObject* pLinePower = NULL;
    if(m_pGrfPanels.GetSize() < 1) {
        return -7;
    }
    pGraph = m_pGrfPanels.GetAt(nGraph);
    int nLineCnt = pGraph->GetLineCnt();
    if(nLineCnt < 3) {
        return -8;
    }

    CString sForward = "Forward";
    if(!GetLineByName(sForward, pGraph, pLineForward)) {
        sForward = "Forward 1";
        if(!GetLineByName(sForward, pGraph, pLineForward)) {
            return -80;
        }
    }

    CString sBackward = "Backward";
    if(!GetLineByName(sBackward, pGraph, pLineBack)) {
        sBackward = "Backward 1";
        if(!GetLineByName(sBackward, pGraph, pLineBack)) {
            return -80;
        }
    }

    int nFitMode = -1;
    CString sBackwardDeriv = sBackward + "_Deriv";
    if(GetLineByName(sBackwardDeriv, pGraph, pLineDeriv)) {
        nFitMode = 1;
        CString sBackwardPower = sBackward + "_Power";
        if(GetLineByName(sBackwardPower, pGraph, pLinePower)) {
            nFitMode = 2;
        }
    }
}

```



```

    }
}
if(nFitMode < 0) {
    return -9;
}
if(!pLineDeriv) {
    return -10;
}
double fDepthRecovered = -1.0;
float fMin=0.0, fMax=0.0;
switch(nFitMode) {
    case 1: // linear
        pLineBack->CalcMinMaxX(fMin, fMax);
        fDepthRecovered = double( fMin );
        break;
    case 2: // power
        fDepthRecovered = double(pLinePower->m_fSpecialPoints[1]);
        break;
}
double fx0Deriv = double(pLineDeriv->m_fSpecialPoints[0]);
double h_i = fx0Deriv; // nm
fx0Deriv /= 1.0e9;
double fx1 = double(pLineDeriv->m_fSpecialPoints[1]);
double fLoad = 0;
pLineForward->CalcMean(pLineForward->m_NX - 3, pLineForward->m_NX - 1, fLoad);
pLineForward->CalcMinMaxX(fMin, fMax);
double fDepthMax = fMax;
pLineBack->CalcMinMaxX(fMin, fMax);
fDepthMax = fMax;
double fRecovery = -1.0;
if(fDepthRecovered > 1.0 && fDepthMax > 1.0) {
    fRecovery = ((fDepthMax - fDepthRecovered) / fDepthMax) * 100.0;
}
fx1 *= 1e-9;
double Ei = pRecord->m_fE_tip * 1E9;
double vi = pRecord->m_fMu_tip;
if(!pRecord->m_bRefRecord) {
    Ei = pClbr->m_fE_tip * 1E9;
    vi = pClbr->m_fMu_tip;
}
double epsilon = 0.75;
if(pClbr != NULL) {
    epsilon = pClbr->GetEpsilon();
}
double h_c = fDepthMax - epsilon * (fDepthMax - h_i);
double beta = 1.0; //rere
beta = pRecord->m_fBeta; //GetBeta(h_c);
double fAngleDeriv = double(pLineDeriv->GetY(1)) * 1.0e3;
if(fAngleDeriv < 0.001) {
    return -12;
}
if(fLoad < 0.01) {
    return -13;
}
if(fDepthMax < 0.01) {
    return -14;
}
if(pRecord->m_vctItems.size() <= 0) {
    pRecord->m_sProbeUsed = m_sProbeUsed;
}
double E = 0.0, Er = 0.0, Ap = 0.0, H = 0.0, b = 0.0;
double pi = 3.1415926;
double v = pRecord->m_fMu;
double S = fAngleDeriv / beta;
if(pRecord->m_bRefRecord) {
    // калибровка
    E = pRecord->m_fE * 1E9; // Pa
    Er = 1.0 / ((1.0 - v * v) / E + (1.0 - vi * vi) / Ei);
    b = 0.5 * (S / Er) * sqrt(pi * pRecord->m_fH / (fLoad*1E-3)) * 1E6;
}

```

```

switch(pRecord->m_nApClbrMethod) {
    case 1:
        Ap = (S/Er)*(S/Er)*(pi/4.0)*1e12;
        //Ap /= (beta*beta);
        break;
    case 2:
        Ap = (fLoad/1E3)/pRecord->m_fH;
        break;
}
pRecord->AddItem_NANOINDENT_Clbr(sfNameApr, this, m_fLoadLimit, h_c, fLoad, Ap, b,
fDepthMax, S, m_fPowerLawNIFit_m, m_nDocArrayID, pDriftData, fZContact);
}
else {
    if(!pRecord->CalcNIAreaFromDepth(h_c, Ap)) {
        return -16;
    }
    switch(pRecord->m_nApClbrMethod) {
        case 1:
            H = (fLoad/Ap/1e3);
            Ap *= 1E-12;
            Er = 0.5*sqrt(pi/Ap)*S;
            E = (1-v*v)/(1.0/Er-(1.0-vi*vi)/Ei);
            E /= 1E9;
            break;
        case 2:
            H = fLoad/Ap/1e3;
            Ap *= 1E-12;
            Er = 0.5*sqrt(pi/Ap)*S;
            E = (1-v*v)/(1.0/Er-(1.0-vi*vi)/Ei);
            E /= 1E9;
            break;
    }
    double fWp, fWe;
    this->CalcIntegral(&fWp, &fWe, nGraph);
    BOOL bI = pRecord->m_bInvert;
    if(H > 0.00005 && E > 0.00005) {
        *pNewItem = pRecord->AddItem_NANOINDENT_Meas(sfNameApr, this, m_fLoadLimit,
fDepthMax,
            fLoad, E, 0.0e0, H, h_c, Ap*1E12, S,
            m_fPowerLawNIFit_m, fRecovery, m_nDocArrayID, pDriftData,
            (m_fTestXMotor * 1000 + (bI ? m_fTestYPiezo : m_fTestXPiezo)),
            (m_fTestYMotor * 1000 + (bI ? m_fTestXPiezo : m_fTestYPiezo)),
            (m_fTestZMotor * 1000 + m_fTestZPiezo), fWp, fWe, fZContact);
    }
    else {
        return -16;
    }
}
pMain->m_pMeasureNANOINDENT.UpdateNanoindentCaption;
return 0;
}

```

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. ОТЧЕТ О РЕЗУЛЬТАТАХ ОЦЕНКИ РИД

СОГЛАСОВАНО

Директор

ФГБНУ ТИСНУМ



Бланк В.Д.

МП

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «Позитив»



Алексеев Д.О.

ОТЧЕТ О РЕЗУЛЬТАТАХ ОЦЕНКИ РИД,
ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ
ПО СОГЛАШЕНИЮ № 14.577.21.0088 ОТ 22.07.2014

г. Москва 2016

На этапе 3 работ по Соглашению № 14.577.21.0088 от 22.07.2014 исполнителем ФГБНУ ТИСНУМ была разработана полезная модель «Устройство для измерения физико-механических свойств материалов» (заявка № 2015150228 от 24.11.2015), на этапе 4 была разработана полезная модель «Устройство для измерения механических свойств материалов» (заявка № 2016121649 от 01.06.2016).

В качестве цели проводимой оценки можно обозначить необходимость определения потенциальной эффективности разработанной полезной модели для дальнейшего прогнозирования конкурентоспособности данного объекта. Оценка стоимости производилась с использованием затратного подхода. Обоснование выбора данного подхода приведено в разделе 4 отчета о ПНИ за 4 этап работ.

Для применения затратного подхода необходимо наличие информации о величине затрат на разработку или создание объекта оценки. Таким образом, нематериальные активы отражаются в учете и отчетности в сумме затрат на приобретение, изготовление и расходах по их доведению до состояния, в котором они пригодны к использованию в запланированных целях. В рамках затратного подхода был использован метод стоимости создания.

Проводились следующие виды работ:

- определение фактического участия авторов в создании полезной модели;
- выявление всех затрат, связанных с созданием объекта оценки;
- исследование и анализ полученной информации, выделение фактических затрат на разработку актива;
- приведение фактических затрат к дате оценки с помощью индексов, учитывающих изменение цен за время, прошедшее с момента совершения затрат до времени выполнения оценки;
- определение стоимости полезной модели как новой на основе суммы скорректированных затрат;

- определение в денежном выражении величины снижения стоимости объекта оценки, обусловленного устареванием, накопившимся с момента создания нематериального актива до даты оценки;

- суммирование проиндексированных средств, вложенных в разное время в создание оцениваемой собственности с учетом коэффициента морального старения актива;

- определение стоимости полезной модели затратным подходом.

В ходе проведенного анализа структуры затрат на создание полезной модели были выделены следующие основные группы затрат:

1) Затраты авторов полезной модели на разработку полезной модели. Установлено, что авторы Решетов В.Н, Усеинов А.С. и Маслеников И.И. в октябре-ноябре 2015 года затратили на подготовку полезной модели 5 недель рабочего времени. Установлено, что авторы Решетов В.Н, Усеинов А.С., Маслеников И.И. и Мелекесова С.Л. в апреле-мае 2015 года затратили на подготовку полезной модели 3 недели рабочего времени.

2) Затраты на расходные материалы. Установлено, что для подготовки патентов осуществлялись затраты на офисную бумагу форматов А4 и А3, тонер для принтера, шариковые ручки и карандаши.

3) Общехозяйственные расходы включали в себя расходы на средства связи (телефон и Интернет) и электроэнергию, связанную с работой персональных компьютеров и освещением помещения.

4) Расходы, связанные с подачей заявки, включали оплату госпошлины.

На основании бухгалтерских документов ФГБНУ ТИСНУМ определены затраты на создание обеих полезных моделей. Расчет себестоимости проводится на основании типовых форм приведенных в «Типовых методических рекомендациях по планированию, учету и калькулированию себестоимости научно-технической продукции» (утв. Миннауки РФ 15.06.1994 N ОР-22-2-46). Расшифровки затрат по группам приведены для каждой полезной модели в таблицах 1 и 2.

В качестве источников информации были рассмотрены платежные документы, подтверждающие оплату пошлин по объекту оценки, сведения об оплате труда авторов полезной модели и прочие документы. В данном случае полученную сумму расходов не следует корректировать на разницу во времени траты средств, поскольку затраты осуществлялись на временном интервале менее года, в течение которого стоимость денег можно считать постоянной.

Форма 1-пн
ООО «Позитив»
Калькуляция составлена
«30» июня 2016 г.

Калькуляция фактической себестоимости
полезной модели «Устройство для измерения физико-механических
свойств материалов», дата подачи заявки: 24.11.2015

Основание для проведения работ: Соглашение № 14.577.21.0088 от
22.07.2014

Заказчик: Минобрнауки РФ

Срок выполнения работы: начало 2015, 4 квартал; окончание 2015, 4 квартал

№№ пп	Наименование статей затрат	Сумма, руб.
1	Материалы	0,00
2	Спецоборудование для научных (экспериментальных) работ	0,00
3	Затраты на оплату труда работников, непосредственно занятых созданием научно- технической продукции	177 957,00
4	Отчисления на социальные нужды	53 743,00
5	Прочие прямые расходы	850,00
6	Накладные расходы	27 815,00
7	Итого:	260 365,00
8	Затраты по работам, выполняемым сторонними организациями и предприятиями	0,00
9	Всего себестоимость	260 365,00

Таблица 1 – Расшифровка затрат на создание полезной модели «Устройство для измерения физико-механических свойств материалов», разработана на этапе 3, дата подачи заявки: 24.11.2015

№	Наименование расхода	Сумма, руб.
Заработная плата авторов		
1	Затраты на оплату труда Решетова В.Н., Усеинова А.С. и Масленикова И.И. за 5 рабочих недель с учетом отчислений на социальные нужды	231 700,00
Накладные расходы		
2	Бумага	170,00
3	Тонер для принтера	2 900,00
4	Шариковая ручка	125,00
5	Карандаш	60,00
6	Средства связи (телефон, Интернет)	400,00
7	Электроэнергия	1 160,00
8	Прочее	23 000,00
Прочие прямые расходы		
9	Подача заявки	850,00
ИТОГО:		260 365,00

Форма 1-пн
ООО «Позитив»
Калькуляция составлена
«30» июня 2016 г.

Калькуляция фактической себестоимости
полезной модели «Устройство для измерения механических свойств
материалов», дата подачи заявки: 01.06.2016

Основание для проведения работ: Соглашение № 14.577.21.0088 от
22.07.2014

Заказчик: Минобрнауки РФ

Срок выполнения работы: начало 2016, 2 квартал; окончание 2016, 2 квартал

№№ пп	Наименование статей затрат	Сумма, руб.
1	Материалы	0,00
2	Спецоборудование для научных (экспериментальных) работ	0,00
3	Затраты на оплату труда работников, непосредственно занятых созданием научно- технической продукции	196 198,16
4	Отчисления на социальные нужды	59 251,84
5	Прочие прямые расходы	850,00
6	Накладные расходы	30 355,00
7	Итого:	286 655,00
8	Затраты по работам, выполняемым сторонними организациями и предприятиями	0,00
9	Всего себестоимость	286 655,00

Таблица 2 – Расшифровка затрат на создание полезной модели «Устройство для измерения механических свойств материалов», разработана на этапе 4, дата подачи заявки: 01.06.2016

№	Наименование расхода	Сумма, руб.
Заработная плата авторов		
1	Затраты на оплату труда Решетова В.Н., Усеинова А.С., Масленикова И.И. и Мелекесовой С.Л. за 3 рабочих недели с учетом отчислений на социальные нужды	255 450,00
Накладные расходы		
2	Бумага	155,00
3	Тонер для принтера	2 900,00
4	Шариковая ручка	160,00
5	Карандаш	60,00
6	Средства связи (телефон, Интернет)	240,00
7	Электроэнергия	840,00
8	Прочие расходы	26 000,00
Прочие прямые расходы		
9	Подача заявки	850,00
ИТОГО:		286 655,00