

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ "ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЕРХТВЕРДЫХ И  
НОВЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ" (ФГБНУ ТИСНУМ)

УДК 621.9

Экз. \_\_

№ госрегистрации АААА-А15-115120340083-4

Инв. № 205



ОТЧЕТ  
О ПРИКЛАДНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

по теме:

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО  
РЕЖУЩЕГО СЛОЯ ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ  
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА  
(заключительный)

ЭТАП 3

Обобщение и оценка результатов ПНИ. Проведение исследовательских испытаний.

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

Соглашение № 14.577.21.0159 о предоставлении субсидии от «27» июля 2015 г.

Руководитель работ,

к.т.н.,

С.А. Перфилов

г. Москва, г. Троицк 2016

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель д.ф.-м.н. профессор	 30.12.16 подпись, дата	В.Д. Бланк
Ответственный исполнитель, зав. отделом, к.т.н.	 30.12.16 подпись, дата	С.А. Перфилов (Введение, заключение, реферат)
Исполнители темы:		
Старший научный сотрудник	 30.12.16 подпись, дата	Р.Х. Баграмов (раздел 2, 3)
Научный сотрудник	 30.12.16 подпись, дата	И.А. Евдокимов (раздел 1, 2)
Аспирант	 30.12.16 подпись, дата	М.И. Жарченкова (раздел 3, 4)
Инженер	 30.12.16 подпись, дата	Е.Г. Иванов (раздел 1, 2)
Младший научный сотрудник	 30.12.16 подпись, дата	Т.А. Иванова (раздел 4)
Младший научный сотрудник	 30.12.16 подпись, дата	Р.Л. Ломакин (раздел 2, 3)
Заведующая отделом	 30.12.16 подпись, дата	Н.А. Львова (раздел 1)
Ведущий инженер	 30.12.16 подпись, дата	Е.А. Николаева (раздел 3,5)
Младший научный сотрудник	 30.12.16 подпись, дата	Д.А. Овсянников (раздел 2, 3)
Аспирант	 30.12.16 подпись, дата	Д.Ю. Пак (раздел 3, 5)
Научный сотрудник	 30.12.16 подпись, дата	И.В. Пахомов (раздел 1, 2)
Научный сотрудник	 30.12.16 подпись, дата	И.А. Пережогин (раздел 1)
Старший научный сотрудник	 30.12.16 подпись, дата	Г.И. Пивоваров (раздел 2, 5)

Начальник отдела	 30.12.16 подпись, дата	Ю.С. Пирогов (раздел 2)
Стажер-исследователь	 30.12.16 подпись, дата	А.И. Рязанова (раздел 4)
Инженер	 30.12.16 подпись, дата	А.Н. Сичевский (раздел 1, 5)
Старший научный сотрудник	 30.12.16 подпись, дата	П.Б. Сорокин (раздел 1)
Стажер-исследователь	 30.12.16 подпись, дата	Р.Р. Хайрулин Раздел (3)
Нормоконтролер	 30.12.16 подпись, дата	Е.Е. Сапрыкин

## РЕФЕРАТ

Отчет 46 страниц, 5 рисунков, 6 таблиц.

АЛМАЗ, НАНОМАТЕРИАЛЫ, СВЕРХТВЁРДЫЙ МАТЕРИАЛ, КОМПОЗИТ, БУРОВОЙ ИНСТРУМЕНТ.

Объектами исследования являются состав исходных компонентов и способ изготовления материалов режущего слоя, а также технологический процесс изготовления экспериментальных образцов материалов режущего слоя для производства режущих элементов высокоэффективного породоразрушающего инструмента.

Цель работы – разработка технологий изготовления композиционных наноструктурированных материалов режущего слоя на основе порошков высококачественных природных и синтетических алмазов с повышенными значениями твердости, износостойкости и трещиностойкости и режущих элементов для высокоэффективного породоразрушающего инструмента.

Настоящее ПНИ является составной частью комплексного проекта ПНИЭР по теме: «Разработка технологии изготовления высокоэффективных долот горизонтального и наклонного бурения для нефтегазовой отрасли» (шифр 2015-14-582-0034).

Методология проведения работ:

1. Использование для формирования режущего слоя микропорошки синтетических, природных алмазов, а также наноалмазов.
2. Использование для получения экспериментальных образцов материалов режущего слоя компактирования с применением высоких давлений и температур.
3. Разработка конструкторской и технологической документации изготовления опытных образцов режущих элементов.
4. Проведение исследовательских испытаний опытных образцов
5. Корректировка К и ТД по результатам исследовательских испытаний.

Целью работы на данном этапе было обобщение и оценка результатов ПНИ, проведение исследовательских испытаний для оптимизации технологического процесса производства материалов режущего слоя.

Главной задачей этапа была доработка технологической документации и разработка технических требований и предложений по производству материалов режущего слоя на предприятии Индустриального партнера (ООО «Инвестстрой»).

В процессе работы на 3 этапе получены следующие результаты:

1. Произведена корректировка технологической документации изготовления экспериментальных образцов материалов режущего слоя по результатам исследовательских испытаний.

2. Разработаны рекомендации по оптимизации технологического процесса промышленного производства материалов режущего слоя на предприятии Индустриального партнера.

3. Разработаны технические требования и предложения по производству материалов режущего слоя на предприятии Индустриального партнера

4. Проведена оценка полноты решений и достижения поставленных целей ПНИ.

5. Проведены дополнительные патентные исследования по ГОСТ Р15.011-96.

## **Введение**

Настоящая работа проведена в рамках выполнения этапа 3 (заключительного) Соглашения о субсидиях № 14.577.21.0159. В соответствии с пп. 3.1- 3.8. ПГ Соглашения были разработаны и проведены:

- Рекомендации по оптимизации технологического процесса промышленного производства материалов режущего слоя на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту (Общества с ограниченной ответственностью «Инвестстрой»);
- Технические требования и предложения по производству материалов режущего слоя на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту;
- Обобщение и выводы по результатам ПНИ;
- Проведение оценки полноты решения задачи и достижения поставленных целей ПНИ;
- Рекомендаций по оптимизации технологического процесса промышленного изготовления режущих элементов на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту (используемое оборудование, состав и порядок технологических операций).

**1. Разработка рекомендаций по оптимизации технологического процесса промышленного производства материалов режущего слоя на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту (используемое оборудование, состав и порядок технологических операций).**

Настоящие рекомендации были разработаны на основе опыта проведения работ по изготовлению материалов режущего слоя по технологическому процессу КТД 01100.00297, разработанному на первом этапе настоящего Соглашения на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту (Общества с ограниченной ответственностью «Инвестстрой»).

В связи необходимостью изготовления большого количества (порядка 10-12 тысяч штук в месяц каждой позиции) комплектующих элементов ячейки высокого давления методом прессования из порошковых материалов предлагается отработать операции прессования некоторых элементов на пресс-автоматах механических модели КО622Б производства Саранинского завода кузнечно-прессовых машин усилием 160 кН - <http://saran.nt-rt.ru/images/manuals/ppres1.pdf> - рисунок 1 (или аналогов).

В первую очередь такая механизация необходима для изготовления прокладок сжимающих и контейнеров ячейки высокого давления (детали НУМК.711141.001, НУМК.714341.001 ТП).



Рисунок 1. Пресс-автомат механической модели КО622Б производства Саранинского завода кузнечно-прессовых машин усилием 160 кН

Пресс-автомат механический усилием 160 кН предназначен для прессования изделий из порошков твердых сплавов и прессования широкой номенклатуры изделий из порошков твердых сплавов. Он позволяет изготавливать равномерно спрессованные детали с отверстием вдоль оси прессования. Основные технические характеристики пресса приведены в таблице 1:

Таблица 1

Основные технические характеристики пресса	КО622Б
Номинальное усилие, кН	160
Ход прессующей головки, мм	140
Число ходов пресса, ход-мин	14, 18, 22, 28, 35, 45
Наибольшая высота засыпки порошка в матрицу, мм	60
Наибольшие размеры изделий в плане, мм	40
Усилие принудительного увода матрицы, кН	16
Усилие выталкивателя, кН	30
Ход выталкивателя, мм	65
Наибольшая величина увода матрицы, мм	15
Величина регулировки положения нижнего пуансона, мм	30
Величина регулировки положения верхнего пуансона, мм	35
Габариты Д x Ш x В, мм	1275 x 1250 x 1730
Масса автомата, кг	1800

Указанные параметры пресса позволяют получать указанные выше изделия с достаточной производительностью (500-600 штук в день с учетом разбраковки), а при необходимости и существенно увеличить ее. Прессование таких изделий в таких количествах вручную потребует привлечения к этой операции дополнительных работников.

Изготовление ряда элементов сборки: нагревателя трубчатого НУМК.713141.001, некоторых шайб и втулок также с целью исключения ручного труда, повышения производительности и воспроизводимости процесса спекания следует проводить с



использованием машин таблеточных роторных типа МТ-3А (МТР-16) – рисунок 2. Сайт производителя: <http://www.polymermash.ru/content/view/116/lang?en/>.



Рисунок 2 Машина таблеточная роторная МТ-3А.

Технические характеристики машины, приведенные в таблице 2, позволяют получать изделия в требуемых для развертывания производства режущих элементов количествах. Практика их использования хорошо отработана на предприятиях – производителях сверхтвердых материалов в РФ.

Таблица 2

Наименование параметров	МТ - 3А инд. ВН 1301
1. Усилие прессования (максимальное), тН (кН)	9 (90)
2. Производительность, шт/час	5560 ... 7560
3. Диаметр таблетки, мм	19 ... 30
4. Высота таблетки (от степени сжатия), мм	от 8 и выше
5. Глубина заполнения матриц (регулируемая), мм	5 ... 50
6. Количество пуансонов, шт	15
7. Частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup>	6,4 / 8,5
8. Вес таблетки, грамм	от 9 ... 16
9. Потребляемая мощность, кВт	5,0/6,3
10. Габаритные размеры	1800 x 1450 x 1810
11. Масса	3300

Для обеспечения использования указанного выше прессового оборудования следует:

- произвести конструирование, расчет и изготовление пресс-форм, пригодных для использования на пресс-автоматах;
- подобрать технологические параметры шихты и дозировки для изготовления соответствующих изделий;
- отработать операции контроля прессовок для получения изделий с высокой воспроизводимостью требуемых технологических параметров: диаметров, высоты, массы и др.

В процессе наработки экспериментальных образцов материала режущего слоя была установлена необходимость изоляции алмазного слоя от воздействия примесей, содержащихся в материалах элементов сборки (или выделяющихся из них в процессе получения режущего слоя). Указанные примеси представляют собой, как правило, активные вещества, создающие нежелательную (окислительную) атмосферу в области пропитки алмазного слоя, представляющие серьезные препятствия этому процессу. В качестве изолирующего элемента было предложено использовать колпачок из титановой фольги толщиной около 0,2 мм.

Размеры и форма такого изделия были отработаны в процессе наработки экспериментальных образцов. Их подбирали, используя специальные оправки для ручной вытяжки колпачков из фольги. Изготавливаемые таким образом колпачки из титановой фольги, показывают высокую эффективность при получении экспериментальных образцов режущего слоя. В настоящее время, с целью повышения производительности и воспроизводимости операции их изготовления и уменьшения использования ручного труда, целесообразно заказать их изготовление на одном из специализированных металлообрабатывающих предприятий.

В разработанном ТП отсутствует операция предварительной обработки образцов режущего слоя в размер. В условиях производства разброс размеров и формы полученных образцов предполагается более значительным, чем при изготовлении экспериментальных образцов. Поэтому предлагается ввести в ТП операцию предварительной обработки в размер образцов режущего слоя.

Поскольку получаемые материалы, в соответствии с требованиями Технического задания, обладают очень высокими физико-механическими показателями твердости, трещиностойкости и износостойкости, то обработка их с помощью традиционных приемов – абразивными алмазными кругами на соответствующих станках представляется

непроизводительной. Проведенные совместно с ФГБНУ ТИСНУМ эксперименты показали, что производительность операций плоского и круглого шлифования в размер на имеющемся оборудовании составляет величину нескольких штук в час на одном станке. При этом расход дорогостоящих алмазных кругов на керамической связке (50... 200 тыс. рублей за штуку) велик и существенно, по предварительным оценкам – на 100...200 рублей, увеличивает себестоимость единицы продукции.

Предлагается операцию предварительной обработки в размер проводить с помощью электроэрозионного оборудования. В рамках работ по настоящему Соглашению отработаны приемы и технологические параметры электроэрозионной обработки материала режущего слоя на электроэрозионном проволочно-вырезном станке с ЧПУ модели FA10S Advance производства MITSUBISHI ELECTRIC. Основные технические параметры установки приведены в таблице...

Отработаны параметры, обеспечивающие существенное (до 50...80 руб./шт.) снижение расходов на предварительную обработку материала режущего слоя в размер.

## Техническое описание

### Электроэрозионный проволочно-вырезной станок с ЧПУ модели FA10S Advance производства MITSUBISHI ELECTRIC

#### ПАРАМЕТРЫ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Тип обработки.....	с погружением и промывкой
Размеры стола, мм.....	590x514
Количество отверстий в рабочем столе для крепления деталей.....	44-M8
Перемещения по осям, мм	
ось X.....	350
ось Y.....	250
ось Z.....	215
ось U.....	64
ось V.....	64
Угол конического реза при высоте 100 мм в зоне обработки 414x314 мм, град.....	15
Максимальный угол конического реза, град.....	45
Максимальный размер обрабатываемой детали, мм	
длина.....	800
ширина.....	600
высота.....	220
Максимальный вес заготовки, кг.....	500
Диаметр используемой проволоки, мм.....	0,1-0,30
Обрабатываемые материалы (стандарт).....	сталь твердый сплав, медь, алюминий
Максимальная скорость холостых перемещений рабочих органов, мм/мин.....	1300

#### ПАРАМЕТРЫ ОБРАБОТКИ

Максимальная скорость реза, мм <sup>2</sup> /мин (проволока MOS-wire Ф 0,30мм-сталь)	330
Наилучшая шероховатость - Ra, мкм	0,20-0,25
Точность, достигаемая на детали (стандартные технологии), мкм	+/- 2,0
Габаритные размеры установки, мм	
длина.....	2072
ширина.....	2460
высота.....	2030
Масса установки с диэлектриком ориентир., кг.....	3070

Определение износостойкости материала режущего слоя является важной контрольной операцией ТП. Операция основана на определении величины относительного износа исследуемого материала при точении образца гранита – рисунок 3.



Рисунок 3. Проведение испытаний износостойкости материала режущего слоя – точение цилиндрической заготовки из гранита.

При практическом проведении таких измерений установлено, что после каждого извлечения образца гранита из патрона меняется его установка, вследствие чего перед следующим циклом точения приходится заново протачивать цилиндрическую поверхность для устранения биения. Это существенно снижает производительность операции, приводит к значительному увеличению потребления количества контрольных заготовок из гранита

Предлагается не снимать каждый раз образец гранита со станка для взвешивания, а определять убыль его массы по уменьшению его объема (при заранее известной плотности). Для этого - определять диаметр образца с высокой точностью (не хуже 0,01 мм) в нескольких точках до и после точения. Износ материала режущего слоя при этом определять не взвешиванием, а измерением площади пятна износа, осуществляемое с помощью оптического микроскопа с подходящим увеличением (рисунок 4).

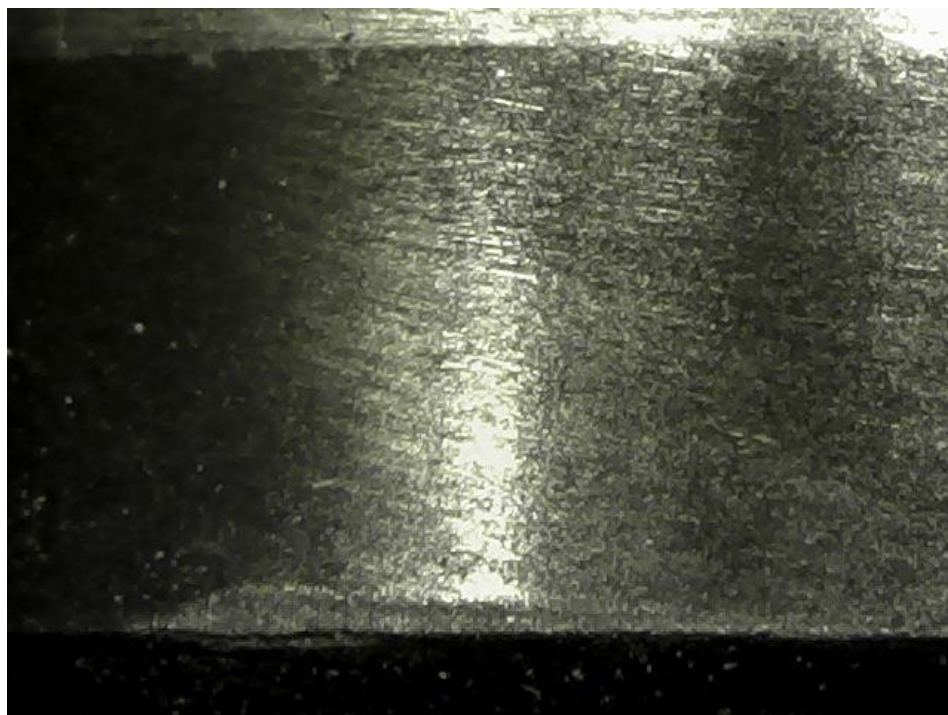


Рисунок 4. Пятно износа образца материала режущего слоя после проведения испытаний. Площадь пятна  $0,20 \text{ мм}^2$

В этом случае показателем износостойкости будет являться отношение объема срезанного гранита к площади пятна износа. Пример проведения таких испытаний приведен в таблице 3.

Таблица 3. Проведение испытаний износостойкости ряда образцов экспериментальных материалов режущего слоя по размерам заготовки.

Образец	Диаметр заготовки справа, мм		Диаметр заготовки слева, мм		Объем срезанного гранита, $\text{мм}^3$	Площадь пятна износа, $\text{мм}^2$	Износостойкость $\Delta Vg/S \cdot 10^{-5}$
	исходный	конечный	исходный	конечный			
1	188,17	187,32	188,32	187,65	67259	0,17	<b>3,95</b>
2	188,95	188,17	189,03	188,32	66647	0,20	<b>3,33</b>
3	189,63	189,05	189,65	189,03	58216	0,16	<b>3,64</b>
4	187,32	186,52	187,65	186,70	76648	0,19	<b>4,03</b>

Проведенные экспериментальные исследования показали соответствие полученных показателей износостойкости указанным способом с показателями износостойкости, определяемым в соответствии с ТП и могут быть использованы для экспресс-анализа образцов в условиях производства на предприятии Индустриального партнера.

**2. Технические требования и предложения по производству материалов режущего слоя на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту.**

Разработаны технические требования и предложения для оснащения участка по производству материалов режущего слоя мощностью до 500000 штук (компактов или заготовок для двухслойных пластин) в год.

**2.1. Технические требования**

2.1.1. Производство изделий должно располагаться в одном производственном корпусе.

Корпус должен быть возведен из типовых легких металлоконструкций, например компании «Венталл» (здания серии «Кондор») или аналогов.

Размер корпуса в плане 24 х 59 м. Высота – 7,2 м.

Здания отапливаемые, с теплой кровлей и стенами.

Лабораторно–производственный корпус предназначен для размещения оборудования и персонала.

Таблица 4. Необходимые площади для производственного процесса и потребность в кадрах

№	Структурные подразделения	Площадь, кв. м	Численность, чел.	
			Основной персонал	Вспомогательный (обслуживающий) персонал
Производственный корпус				
1	Цех синтеза АТП и компактов	300 - 500 (прессовый зал)	20	5
2	Участок подготовки смесей	200 - 250	20	4
3	Цех изготовления АВД и ремонта основного и вспомогательного оборудования	200 - 240	30	2
4	Участок заточки АТП и компактов	100 - 150	8	2
Бытовые и вспомогательные помещения				



5	Станция оборотного водоснабжения	20 -30	1	
6	ОТК	20 -30	2	0
7	Склад сырья и материалов	130 -150	2	2
8	Комната приема пищи	60	3	1
9	Лаборатория	30 -50	2	1
ИТОГО:		1060 - 1460	88	17

Корпус по длине здания должен быть разделен на 2 пролета шириной по 12 м. каждый

Каждый пролет должен быть оборудован кран – балкой грузоподъемностью -3 т. Высота подъема крюка не менее 4,5 м. Управление должно осуществляться с пола.

В торце корпуса на площади 12 x 24 м. должен быть расположен 2-х этажный блок бытовых и вспомогательных помещений.

Корпус должен иметь 4 створки распашных ворот:

- двое ворот (шириной 4 м) с торца здания (для завоза устанавливаемого оборудования, металла и.т.д.);
- 1 ворота (шириной 3 м) предназначены для установки дизельгенераторов;
- 1 ворота (шириной 3 м) предназначены для отгрузки готовой продукции со склада.

Один пролет корпуса должен занимать Цех синтеза материалов режущего слоя (АТП и компактов) с использованием установок прессового оборудования усилием 25000 кН, предназначенных для спекания сверхтвердых материалов.

Общее количество установок не менее 16 шт. с возможностью увеличения до 25 шт. в два ряда

На другом пролете должны располагаться: участок подготовки смесей, цех изготовления АД и ремонта основного и вспомогательного оборудования, участок заточки АТП и компактов. Участки должны быть отделены легкими перегородками с проездными воротами. Все оборудование должно быть установлено на полу без крепления фундаментными болтами.

В первом пролете (где стоят Прессовые установки) на эстакаде (на отм.+3.600), примыкающей к бытовым и вспомогательным помещениям, должны быть установлены 2

холодильные установки СН-НС-116Х для охлаждения воды, подаваемой к Прессовым установкам по замкнутому циклу. Под эстакадой должна располагаться емкость для воды  $V=2$  куб.м.

Холодильные установки должны быть закрыты кожухом. Направленная в сторону пролета боковая поверхность кожуха должна быть оснащена жалюзийными створками. В зимний период створки должны открываться, и теплый воздух от установки должен поступать в корпус для его обогрева. В летнее время теплый поток воздуха должен поступать на улицу.

Во втором пролете на площадях участка подготовки смесей, цеха изготовления АВД и ремонта основного и вспомогательного оборудования, участок заточки материалов режущего слоя, АТП и компактов должны располагаться металлообрабатывающие станки (токарные, фрезерные, шлифовальные и др.), прессовое оборудование, площадки для размещения оснастки и др. вспомогательного оборудования.

Назначение участка – изготовление технологической оснастки для Прессовых установок, приспособлений, комплектующих, а так же чистовая обработка изделий после процесса прессования.

Пол в корпусе должен быть бетонный, ровный, позволяющий перевозить по нему оборудование на грузоподъемных тележках и роликовых механизмах вручную. Максимальная нагрузка от оборудования на пол (из расчета нагрузки от Прессовых установок) не более  $10 \text{ кг/ см}^2$ .

Электропитание должно подводиться к электрощитовой, которая должна располагаться на первом этаже бытовых и вспомогательных помещениях. Рядом с щитовой должно находиться помещение где должны располагаться 2 дизельгенератора (из расчета один дизельгенератор на один ряд установок).

Ворота должны обеспечивать завоз оборудования в помещение при монтаже (используются в качестве габаритных проемов).

Частота открывания этих ворот, в соответствии с технологическим процессом, 1 раз в день.

Должны быть обеспечены режимы работы оборудования:

- прессовые установки – односменный,
- механический участок – односменный.

Бытовые и вспомогательные помещения должны использоваться для размещения лабораторно-технологических помещений и хозяйственно-бытовых помещений.

В помещении лаборатории необходимо предусмотреть отдельное помещение, для размещения дробильно-размольного оборудования которое должно быть оснащено приточно-вытяжной вентиляцией.

Общее количество работающих в корпусе–105 чел.

2.1.2. В лабораторно-производственных корпусах должны располагаться следующие производственные участки.

По предварительным расчетам для выпуска 500 тыс. изделий в год потребуется 15-16 прессов усилением 25 000 кН. Предварительный состав оборудования:

Таблица 5. Основное технологическое оборудование в расчёте на 100 000 единиц готовой продукции

№	Наименование оборудования	Тип, модель	Основные характеристики	Количество, штук
1	Станок токарно-винторезный	1М63	D 630мм, РМЦ 1000 мм	1
2	Станок токарный с ЧПУ	WDC 560	D560 мм, РМЦ 1000 мм	3
3	Станок плоскошлифовальный	1640 ADI	1015x500 мм	2
4	Станок круглошлифовальный	3М175	D 400 мм	2
5	Станок фрезерный	JMD-26X2 DRO	1580x1450x2150 мм	1
6	Станок отрезной ленточнопильный	ABS 550	D 500 мм	1
7	Печь закалочная	ПШЗ 10.25/12	До 1200 С, мощность/напряжение, кВт/В - 160/380	1
8	Печь отпускная	ПШО 10.23/7	До 700 С, потребляемая мощность, кВт, не более 100	1
9	Закалочный бак с охлаждением	БЗМ-12.12.25	ШxГxВ 1200x1200x2500	1
10	Твердомер	ТКС 14-250		1
11	Пресс гидравлический		300 тс	1
12	Универсальный заточной станок с системой телеметрии	СМ-А	8 осей, D 100 мм	5
или	Заточной станок с ЧПУ для АТП (специализированный) с ПО	SI 301		3
13	Дробилка щековая	ДЩ - 80x150		1
14	Шкаф сушильный	СНОЛ		2

		3,5-3,5\3,5		
15	Шкаф вытяжной с электроплитой	Ш2 –НЖ		2
16	Весовой дозатор настольный	МАКИЗ Д-03 М		2
17	Электродуховка вакуумная	СНВЭ-1.3.1/16М		1

### 2.1.3. Технологические требования к инженерным системам.

#### Электроснабжение.

Электроснабжение производственных зданий должно осуществляться за счет собственной трансформаторной подстанции.

Общее энергопотребление должно составлять не менее 1000 кВт (380В, 3 фазы, 50 Гц).

Должно быть предусмотрено автономное питание от дизельгенераторов электроэнергией цеха синтеза. Из расчета один дизельгенератор на линию роста установок. Включение дизельгенераторов должно происходить при аварийном отключении электроэнергии. Запуск дизельгенераторов и отключение их, при возобновлении подачи электроэнергии, должно происходить в автоматическом режиме. Время срабатывания автоматики должно быть не более 1 минуты. В случае отказа автоматики запуск дизельгенераторов в ручном режиме должен быть произведен в течение 30 минут.

Должна быть предусмотрена звуковая и визуальная световая сигнализация отключения и включения дизельгенераторов.

### 2.1.4. Система охлаждения оснастки прессовых установок и вспомогательного оборудования.

Должно быть предусмотрено охлаждение оснастки прессовых установок и вспомогательного оборудования. Охлаждение производится водой циркулирующей в локальной системе водоснабжения по замкнутому циклу, из расчета 1 л/мин на установку, температура воды 16-20 °С.

## 2.2. Технологический процесс.

### 2.2.1. Цех синтеза должен быть оснащен прессовыми установками.

Прессовая установка имеет в своем составе: силовую гидравлическую установку усилием 25000кН, гидроагрегат (гидростанцию), компьютеризированную систему управления (шкаф управления), электрооборудование и другие мелкие узлы и детали.

Электроподвод к шкафам управления установок должен производиться от распределительных электрощитов по коробам, проложенным по полу. Один распределительный щит предназначен для подключения 4-5 установок.

Местный отсос воздуха от установок не предусматривается.

В рабочем пространстве установки располагается аппарат высокого давления (АВД), внутри которого и происходит процесс получения режущего слоя (компакта или АТП) под действием давления и температуры. Исходным элементом технологии является ячейка высокого давления (ЯВД) которая помещается внутрь АВД. Установка ЯВД и выемка продуктов синтеза производится вручную. Сам процесс синтеза происходит в автоматическом режиме и отслеживается компьютером с выводом данных процесса на монитор.

Изготовление, сборка и снаряжение ЯВД осуществляется на участке подготовки смесей и в лаборатории.

Во избежание перегрева АВД, он должен подвергаться принудительному водяному охлаждению.

Вода из буферной емкости должна подаваться насосами в магистральный трубопровод, из которого отдельно поступает к каждой установке. Пройдя через АВД и охладив его, вода должна попадать в отводной магистральный трубопровод идущий к холодильным установкам. Далее уже охлажденная вода попадает в буферную емкость. Циркуляция воды должна происходить по замкнутому контуру.

В холодильной установке вода (хладоноситель) охлаждается соответствующим хладогентом. Хладогент охлаждается в конденсаторе холодильной установки. В процессе прохождения хладогента по каналам конденсатора излишнее тепло отбирается его стенками и перегородками. По мере нагрева самого конденсатора он обдувается воздухом от вентиляторов. Вентиляторы включаются автоматически по мере надобности.

Подвод и отвод воды для охлаждения оснастки установок должен осуществляться трубопроводами, закрепленными на стойках. Соединение АВД с соответствующими водоводами производится шлангами.

Для водоводов используется труба Ду 80 (Труба 80 по ГОСТ 3262-75).

2.2.2. Для функционирования производственного процесса по синтезу в помещениях Корпуса должны предусматриваться лабораторно – технологические помещения.

В отдельном помещении лаборатории дробления и сушки устанавливаются две щековые дробилки, вибросито (грохот), сушильный шкаф.

Дробилки предназначены для дробления литографского камня (мелкозернистого известняка). Потребляемое количество камня составляет около 100 кг в месяц.

На сите производится рассев раздробленного материала по крупности.

Из раздробленного материала при помощи ручных прессов с соответствующей оснасткой формируются изделия в виде колец, втулок, таблеток. Данные изделия проходят тепловую обработку (сушку) в сушильном шкафу.

Помещение должно быть снабжено соответствующей вытяжной вентиляцией и соответствующим оборудованием для очистки воздуха.

2.2.3. На площадях цеха изготовления АВД и ремонта основного и вспомогательного оборудования и участка заточки АТП и компактов должны располагаться металлообрабатывающие станки (токарные, фрезерные, шлифовальные и др.), прессовое оборудование, складские помещения (для хранения металла, заготовок ит.п.), площадки для размещения оснастки и др. вспомогательного оборудования.

2.2.4. Участок контроля (ОТК) должен быть предназначен для производства работ по техническому контролю выпускаемых изделий. Контроль качества рабочих элементов для режущих инструментов по стандарту ISO 1832-85.

2.2.5. Участок упаковки должен быть предназначен для упаковывания выпускаемой продукции и оснащения ее технической документацией (эксплуатационной, сопроводительной, отгрузочной).

### 2.3. Этапы запуска производства.

Выход на плановые показатели происходит в два этапа.

После ввода 1-й очереди во 2-м квартале первого года реализации начинается увеличение производства с выходом на производительность 260 тыс. изделий в год. На втором этапе после запуска 2-й очереди объём производства достигает 500 тыс. ед. в год.

План производства изделий будет соответствовать плану сбыта.

### **3. Обобщение и выводы по результатам ПНИ**

С целью обобщения и оценки результатов исследований была проведена проверка соответствия полученных результатов ПНИ требованиям ТЗ. Требования ТЗ и полученные в результате выполнения работ результаты представлены в таблице 6.

№ п/п	Пункты Технического задания / Задания на выполнение работ		Полученные результаты	Документ, подтверждающий результат	Соответствие результатов требованиям
	№	Требования			
1	1	<b>Цель выполнения ПНИ</b> Разработка технологий изготовления композиционных наноструктурированных материалов режущего слоя на основе порошков высококачественных природных и синтетических алмазов с повышенными значениями твердости, износостойкости и трещиностойкости (далее – материалов режущего слоя) и режущих элементов для высокоэффективного породоразрушающего инструмента.	Разработана технология изготовления композиционных наноструктурированных материалов режущего слоя на основе порошков высококачественных природных и синтетических алмазов с повышенными значениями твердости, износостойкости и трещиностойкости (далее – материалов режущего слоя) и режущих элементов для высокоэффективного породоразрушающего инструмента.	КТД 01100.00297	Соответствует
2	2	<b>Перечень научных и научно-технических результатов, подлежащих получению при выполнении ПНИ:</b>			
3	2.1	Промежуточный и заключительный отчеты о ПНИ			



4	2.1.1	Аналитический обзор, современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ	Выполнен Аналитический обзор, современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ	Промежуточный отчет о ПНИ этап №1 Раздел 1	Соответствует
5	2.1.2	Выбор и обоснование направлений исследований в рамках ПНИ	Выбраны и обоснованы направления исследований в рамках ПНИ	Промежуточный отчет о ПНИ этап №1 Раздел 2	Соответствует
6	2.1.3	Обоснование оптимального состава исходных компонентов для изготовления материалов режущего слоя	Обоснован оптимальный состав исходных компонентов для изготовления материалов режущего слоя	Промежуточный отчет о ПНИ этап №1 Раздел 2.3	Соответствует
7	2.1.4	Результаты исследовательских испытаний экспериментальных образцов материалов режущего слоя на твердость, износостойкость и трещиностойкость	Приведены результаты исследовательских испытаний экспериментальных образцов материалов режущего слоя на твердость, износостойкость и трещиностойкость	Акт №1 от 26.04.16 и протоколы исследовательских испытаний экспериментальных образцов материалов режущего слоя №1 от 15.03.16, №2 от 29.03.16, №3 от 12.04.16, №4 от 26.04.16	Соответствует

8	2.1.5	Технические требования и предложения по производству материалов режущего слоя на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту	Разработаны технические требования и предложения по производству материалов режущего слоя на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту	Заключительный отчет о ПНИ Этап № 3 раздел 2	Соответствует
9	2.1.6	Рекомендации по оптимизации технологического процесса промышленного производства материалов режущего слоя на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту (используемое оборудование, состав и порядок технологических операций)	Разработаны рекомендации по оптимизации технологического процесса промышленного производства материалов режущего слоя на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту (используемое оборудование, состав и порядок технологических операций)	Заключительный отчет о ПНИ Этап №3 раздел 1	Соответствует
10	2.1.7	Рекомендации по оптимизации технологического процесса промышленного изготовления режущих элементов на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту (используемое оборудование, состав и порядок технологических операций)	Разработаны рекомендации по оптимизации технологического процесса промышленного изготовления режущих элементов на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту (используемое оборудование, состав и порядок технологических операций)	Заключительный отчет о ПНИ Этап №3 раздел 5	Соответствует
11	2.1.8	Обобщение и выводы по результатам ПНИ	Сделаны обобщения и выводы по результатам ПНИ	Заключительный отчет о ПНИ Этап №3 раздел 3	Соответствует

12	2.2	Экспериментальные образцы материалов режущего слоя	Изготовлены экспериментальные образцы материалов режущего слоя	Акт изготовления №1 экспериментальных образцов материалов режущего слоя от 14.03.16	Соответствует
13	2.3	Макеты режущих элементов двух типоразмеров	Изготовлены макеты режущих элементов двух типоразмеров	Акт изготовления №1 макетов режущих элементов от 23.05.16	Соответствует
14	2.4	Научно-техническая и техническая документация, предусмотренная разделом 6 настоящего Технического задания	Разработана научно-техническая и техническая документация, предусмотренная разделом 6 настоящего Технического задания	Отчет о патентных исследованиях Этап №1 от 30.06.16; Промежуточный отчет о ПНИ этап №1 от 30.12.15; Промежуточный отчет о ПНИ этап №1 от 30.06.15; Заключительный отчет о ПНИ этап №1 от 30.12.16; КТД 01100.00297; КТД 01100.00298; НУМК 765459.310;	Соответствует

15	2.4.1	Технологическая документация изготовления экспериментальных образцов материалов режущего слоя	Разработана технологическая документация изготовления экспериментальных образцов материалов режущего слоя	КТД 01100.00297	Соответствует
16	2.4.2	Программа и методики исследовательских испытаний экспериментальных образцов материалов режущего слоя	Разработана Программа и методики исследовательских испытаний экспериментальных образцов материалов режущего слоя	НУМК.397000.100 ПМ от 30.06.16	Соответствует
17	2.4.3	Технологическая документация изготовления макетов режущих элементов	Разработана технологическая документация изготовления макетов режущих элементов	КТД 01100.00298	Соответствует
18	2.4.4	Конструкторская документация макетов режущих элементов	Разработана конструкторская документация макетов режущих элементов	НУМК 397000.100	Соответствует
19	2.4.5	Программа и методики исследовательских испытаний макетов режущих элементов	Разработана программа и методики исследовательских испытаний макетов режущих элементов	НУМК.765459.310 ПМ от 30.06.16	Соответствует
20	3	<b>Требования к выполняемым работам:</b>			

21	3.1	Должен быть выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ, в том числе обзор научных информационных источников: статьи в ведущих зарубежных и (или) российских научных журналах, монографии и (или) патенты) - не менее 15 научно-информационных источников за период 2010 – 2015 гг	Выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ, в том числе обзор научных информационных источников: статьи в ведущих зарубежных и (или) российских научных журналах, монографии и (или) патенты) - не менее 15 научно-информационных источников за период 2010 – 2015 гг	Промежуточный отчет о ПНИ этап №1 Раздел 1	Соответствует
22	3.2	Должны быть выполнены выбор и обоснование направления исследований, в том числе:	Выполнены выбор и обоснование направления исследований, в том числе:	Промежуточный отчет о ПНИ этап №1 Раздел 2	Соответствует
23	3.2.1	Проведены патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96	Проведены патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96	Отчет о патентных исследованиях Этап №1 от 30.12.15	Соответствует
24	3.2.2	Проведена сравнительная оценка эффективности возможных направлений исследований	Проведена сравнительная оценка эффективности возможных направлений исследований	Промежуточный отчет о ПНИ этап №1 Раздел 2.1	Соответствует
25	3.2.3	Должны быть исследованы способы изготовления материалов режущего слоя	Исследованы способы изготовления материалов режущего слоя	Промежуточный отчет о ПНИ этап №1 Раздел 2.2	Соответствует

26	3.2.4	Должен быть выполнен подбор оптимального состава исходных компонентов для изготовления материалов режущего слоя	Выполнен подбор оптимального состава исходных компонентов для изготовления материалов режущего слоя	Промежуточный отчет о ПНИ этап №1 Раздел 2.3	Соответствует
27	3.2.5	Должен быть выбран и обоснован оптимальный вариант технологического процесса изготовления экспериментальных образцов материалов режущего слоя для производства режущих элементов	Выбран и обоснован оптимальный вариант технологического процесса изготовления экспериментальных образцов материалов режущего слоя для производства режущих элементов	Промежуточный отчет о ПНИ этап №1 Раздел 2.4	Соответствует
28	3.3	Должны быть изготовлены экспериментальные образцы материалов режущего слоя	Изготовлены экспериментальные образцы материалов режущего слоя	Акт изготовления №1 экспериментальных образцов материалов режущего слоя от 14.03.16	Соответствует
29	3.4	Должны быть проведены исследовательские испытания экспериментальных образцов материалов режущего слоя	Проведены исследовательские испытания экспериментальных образцов материалов режущего слоя	Акт №1 от 26.04.16 и протоколы исследовательских испытаний экспериментальных образцов материалов режущего слоя №1 от 15.03.16, №2 от 29.03.16, №3 от 12.04.16, №4 от 26.04.16	Соответствует

30	3.5	Должны быть разработаны технические требования и предложения по производству материалов режущего слоя на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту	Разработаны технические требования и предложения по производству материалов режущего слоя на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту	Заключительный отчет о ПНИ Этап № 3 раздел 2	Соответствует
31	3.6	На основе полученных результатов испытаний должны быть разработаны рекомендации по оптимизации технологического процесса промышленного производства материалов режущего слоя на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту (используемое оборудование, состав и порядок технологических операций)	На основе полученных результатов испытаний разработаны рекомендации по оптимизации технологического процесса промышленного производства материалов режущего слоя на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту (используемое оборудование, состав и порядок технологических операций)	Заключительный отчет о ПНИ Этап №3 раздел 1	Соответствует
32	3.7	Должна быть разработана конструкторская документация макетов режущих элементов	Разработана конструкторская документация макетов режущих элементов	НУМК 397000.100	Соответствует
33	3.8	Должна быть разработана технологическая документация изготовления макетов режущих элементов	Разработана технологическая документация изготовления макетов режущих элементов	КТД 01100.00298	Соответствует
34	3.9	Должны быть изготовлены макеты режущих элементов с экспериментальным образцом режущего слоя	Изготовлены макеты режущих элементов с экспериментальным образцом режущего слоя	Акт №1 изготовления макетов режущих элементов от 23.05.16	Соответствует

35	3.10	Должны быть проведены исследовательские испытания макетов режущих элементов	Проведены исследовательские испытания макетов режущих элементов	Акт №1 испытаний от 12.10.16; Протоколы исследовательских испытаний №1 от 10.10.16; №2 от 11.10.16; №3 от 12.10.16	Соответствует
36	3.11	На основе полученных результатов испытаний, должны быть разработаны рекомендации по оптимизации технологического процесса изготовления режущих элементов	На основе полученных результатов испытаний разработаны рекомендации по оптимизации технологического процесса изготовления режущих элементов	Заключительный отчет о ПНИ Этап №3 раздел 5	Соответствует
37	3.12	Должна быть выполнена оценка полноты решения задачи и достижения поставленных целей ПНИ	Выполнена оценка полноты решения задачи и достижения поставленных целей ПНИ	Заключительный отчет о ПНИ Этап №3 раздел 3	Соответствует
38	4	<b>Технические требования:</b>			
39	4.1	Требования по назначению научно-технических результатов ПНИ			



40	4.1.1	Общие требования по назначению научно-технических результатов ПНИ: Все научно-технические результаты, предусмотренные разделом 2 настоящего Технического задания, предназначены для использования при выполнении работ (ПНИЭР) по теме: «Разработка технологии изготовления высокоэффективных долот горизонтального и наклонного бурения для нефтегазовой отрасли» (шифр 2015-14-582-0034) и подлежат безвозмездной передаче, по мере их получения, во временное владение (пользование) исполнителю (головному исполнителю) указанных работ на весь период их выполнения	Все научно-технические результаты, предусмотренные разделом 2 настоящего Технического задания, предназначены для использования при выполнении работ (ПНИЭР) по теме: «Разработка технологии изготовления высокоэффективных долот горизонтального и наклонного бурения для нефтегазовой отрасли» (шифр 2015-14-582-0034) и безвозмездно переданы, по мере их получения, во временное владение (пользование) исполнителю (головному исполнителю) указанных работ на весь период их выполнения	Акт №1 приёма-передачи научно-технических результатов от 28.12.15; Акт №2 приёма-передачи научно-технических результатов от 30.06.16; Акт №3 приёма-передачи научно-технических результатов от 30.12.16	Соответствует
41	4.1.2	Требования по назначению отдельных результатов ПНИ:			
42	4.1.2.1	Экспериментальные образцы материалов режущего слоя. Срок получения результата – не позднее июня 2016 г	Получены экспериментальные образцы материалов режущего слоя.	Акт изготовления №1 экспериментальных образцов материалов режущего слоя от 14.03.16	Соответствует

43	4.1.2.2	Конструкторская и технологическая документация на макеты режущих элементов. Срок получения результата – не позднее декабря 2015 г.	Разработаны конструкторская и технологическая документация на макеты режущих элементов. Срок получения результата.	КТД 01100.00298 НУМК 397000.100	Соответствует
44	4.1.2.3	Макеты режущих элементов. Срок получения результата – не позднее июня 2016 г.	Разработаны макеты режущих элементов.	Акт №1 изготовления макетов режущих элементов от 23.05.16	Соответствует
45	4.2	Требования к показателям и техническим характеристикам научно-технических результатов ПНИ. Общие требования к показателям и техническим характеристикам результатов ПНИ:			
46	4.2.1	Экспериментальные образцы материалов режущего слоя (на основе порошков высококачественных природных и синтетических алмазов) должны удовлетворять следующим требованиям: а) диаметр 9-20 мм; б) высота 1-3 мм; в) твердость – не менее 75 ГПа; г) износостойкость – не менее 0,27 мг/кг; д) трещиностойкость, $K_{1c}$ – не менее $5 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{0,5}$	Полученные экспериментальные образцы материалов режущего слоя (на основе порошков высококачественных природных и синтетических алмазов) удовлетворяют следующим требованиям: а) диаметр 9-20 мм; б) высота 1-3 мм; в) твердость – не менее 75 ГПа; г) износостойкость – не менее 0,27 мг/кг; д) трещиностойкость, $K_{1c}$ – не менее $5 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{0,5}$	Акт №1 исследовательских испытаний от 26.04.16	Соответствует

47	4.2.2	<p>Макеты режущих элементов с экспериментальным образцом режущего слоя должны удовлетворять следующим требованиям:</p> <p>а) заточка рабочей поверхности: непараллельность относительно базовой поверхности не более 0,01 мм;</p> <p>б) диаметр макета типоразмера I: <math>13,44 \pm 0,05</math> мм, диаметр макета типоразмера II: <math>15,88 \pm 0,02</math> мм;</p> <p>в) высота макета типоразмера I: <math>2,0 \pm 1,0</math> мм, высота макета типоразмера II: <math>2,0 \pm 1,0</math> мм;</p> <p>г) шероховатость поверхности после шлифования Ra – не более 0,8 мкм</p>	<p>Разработанные макеты режущих элементов с экспериментальным образцом режущего слоя удовлетворяют следующим требованиям:</p> <p>а) заточка рабочей поверхности: непараллельность относительно базовой поверхности не более 0,01 мм;</p> <p>б) диаметр макета типоразмера I: <math>13,44 \pm 0,05</math> мм, диаметр макета типоразмера II: <math>15,88 \pm 0,02</math> мм;</p> <p>в) высота макета типоразмера I: <math>2,0 \pm 1,0</math> мм, высота макета типоразмера II: <math>2,0 \pm 1,0</math> мм;</p> <p>г) шероховатость поверхности после шлифования Ra – не более 0,8 мкм</p>	Акт №1 исследовательских испытаний от 12.10.16	Соответствует
48	4.2.3	Характеристики параметров полировки экспериментальных образцов должны быть определены на первом этапе выполнения ПНИ	Характеристики параметров полировки экспериментальных образцов определены на первом этапе выполнения ПНИ	КТД 01100.00297	Соответствует
49	4.3	Требования к объектам экспериментальных исследований:			
50	4.3.1	Количество изготовленных экспериментальных образцов материалов режущего слоя - 20 шт.	Количество изготовленных экспериментальных образцов материалов режущего слоя - 20 шт.	Акт изготовления №1 экспериментальных образцов материалов режущего слоя от 14.03.16	Соответствует

51	4.3.2	Количество изготовленных макетов режущих элементов типоразмера I – 10 шт	Количество изготовленных макетов режущих элементов типоразмера I – 10 шт	Акт №1 изготовления макетов режущих элементов от 23.05.16	Соответствует
52	4.3.3	Количество изготовленных макетов режущих элементов типоразмера II – 10 шт	Количество изготовленных макетов режущих элементов типоразмера II – 10 шт	Акт №1 изготовления макетов режущих элементов от 23.05.16	Соответствует
53	5	<b>Требования к патентным исследованиям и регистрации результатов интеллектуальной деятельности:</b>			
54	5.1	На первом этапе выполнения ПНИ должны быть проведены патентные исследования в соответствии ГОСТ Р 15.011-96	На первом этапе выполнения ПНИ должны были проведены патентные исследования в соответствии ГОСТ Р 15.011-96	Отчет о патентных исследованиях Этап №1 от 30.12.15	Соответствует
55	5.2	На остальных этапах ПНИ при получении результатов интеллектуальной деятельности (далее – РИД), способных к правовой охране (в соответствии со ст. 1225 ГК РФ), должны быть проведены дополнительные патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96	На третьем этапе ПНИ при получении результатов интеллектуальной деятельности (далее – РИД), способных к правовой охране (в соответствии со ст. 1225 ГК РФ), должны были проведены дополнительные патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96	Отчет о дополнительных патентных исследованиях Этап №3	Соответствует

56	5.3	Должны быть представлены сведения об охранных и иных документах, которые будут препятствовать применению результатов работ в Российской Федерации (и в других странах – по требованию Минобрнауки России), и условия их использования с представлением соответствующих обоснованных предложений и расчетов	Представлены сведения об охранных и иных документах, которые будут препятствовать применению результатов работ в Российской Федерации (и в других странах – по требованию Минобрнауки России), и условия их использования с представлением соответствующих обоснованных предложений и расчетов	Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016662848	Соответствует
57	5.4	При получении результатов интеллектуальной деятельности, способных к правовой охране, они должны быть зарегистрированы в соответствии с законодательством РФ	Полученный результат интеллектуальной деятельности, способного к правовой охране, был зарегистрирован в соответствии с законодательством РФ		Соответствует
58	6	<b>Требования к разрабатываемой документации:</b>			
59	6.1	В ходе выполнения ПНИ должна быть разработана следующая научно-техническая и техническая документация:			
60	6.1.1	Отчет о патентных исследованиях в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96	Выполнен отчет о патентных исследованиях в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96	Отчет о патентных исследованиях Этап №1 от 30.12.15	Соответствует

61	6.1.2	Промежуточные и заключительный отчеты о ПНИ по этапам выполнения работ в соответствии с ГОСТ 7.32-2001, отражающие результаты работ, требования по которым установлены в разделах 2 - 4 настоящего ТЗ	Выполнены промежуточные и заключительный отчеты о ПНИ по этапам выполнения работ в соответствии с ГОСТ 7.32-2001, отражающие результаты работ, требования по которым установлены в разделах 2 - 4 настоящего ТЗ	Отчет о патентных исследованиях Этап №1 от 30.06.16; Промежуточный отчет о ПНИ этап №1 от 30.12.15; Промежуточный отчет о ПНИ этап №1 от 30.06.15; Заключительный отчет о ПНИ этап №1 от 30.12.16	Соответствует
62	6.1.3	Техническая (конструкторская, технологическая) документация, отражающая экспериментальную реализацию разработанных технических (конструкторских, технологических) решений в составе:			
63	6.1.3.1	Конструкторская документация макетов режущих элементов в составе: чертеж общего вида, пояснительная записка, спецификация	Разработана конструкторская документация макетов режущих элементов в составе: чертеж общего вида, пояснительная записка, спецификация	НУМК 397000.100	Соответствует

64	6.1.3.2	Технологическая документация изготовления экспериментальных образцов материалов режущего слоя в составе: ведомость материалов, маршрутная карта, карта эскизов	Разработана технологическая документация изготовления экспериментальных образцов материалов режущего слоя в составе: ведомость материалов, маршрутная карта, карта эскизов	КТД 01100.00297	Соответствует
65	6.1.3.3	Технологическая документация изготовления макетов режущих элементов в составе: ведомость материалов, маршрутная карта, карта эскизов	Разработана технологическая документация изготовления макетов режущих элементов в составе: ведомость материалов, маршрутная карта, карта эскизов	КТД 01100.00298	Соответствует
66	6.2	Оформление технической документации должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.125-2008	Оформление технической документации соответствует требованиям ГОСТ 2.125-2008	КТД 01100.00297 КТД 01100.00298	Соответствует
67	6.3	Состав отчетной документации, подлежащей оформлению и сдаче Получателем субсидии Минобрнауки России на этапах выполнения работ, определяется нормативными актами Минобрнауки России	Состав отчетной документации, подлежащей оформлению и сдаче Получателем субсидии Минобрнауки России на этапах выполнения работ, определялся нормативными актами Минобрнауки России		Соответствует
68	6.4	Техническая и отчетная документация должна быть представлена Минобрнауки России или уполномоченной им организации на бумажном носителе в одном экземпляре и в электронном виде на оптическом носителе в одном экземпляре	Техническая и отчетная документация была представлена Минобрнауки России или уполномоченной им организации на бумажном носителе в одном экземпляре и в электронном виде на оптическом носителе в одном экземпляре	КТД 01100.00297	Соответствует

69	7	<p><b>Этапы работ и сроки их выполнения:</b>  Этапы выполнения ПНИ, содержание работ, перечень документов, разрабатываемых на этапах, сроки исполнения и объемы финансирования по этапам приведены в «Плане-графике исполнения обязательств при выполнении прикладных научных исследований» (приложение 2 к Соглашению о предоставлении субсидии)</p>	<p>Этапы выполнения ПНИ, содержание работ, перечень документов, разрабатываемых на этапах, сроки исполнения и объемы финансирования по этапам были приведены в «Плане-графике исполнения обязательств при выполнении прикладных научных исследований» (приложение 2 к Соглашению о предоставлении субсидии)</p>		Соответствует
----	---	---	---	--	---------------



Анализ содержания таблицы 6 показывает, что результаты выполнения ПНИ полностью соответствуют требованиям технического задания.

Таким образом, с целью обобщения и оценки результатов исследований была проведена проверка соответствия полученных результатов ПНИ требованиям ТЗ.

В результате проверки установлено, что результаты, полученные при выполнении ПНИ, полностью соответствуют требованиям ТЗ.

#### **4. Проведение оценки полноты решения задачи и достижения поставленных целей ПНИ**

#### **5. Рекомендаций по оптимизации технологического процесса промышленного изготовления режущих элементов на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту (используемое оборудование, состав и порядок технологических операций).**

В соответствии с п. 3.8. ПГ Соглашения были разработаны рекомендации по оптимизации технологического процесса промышленного изготовления режущих элементов на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту (Общества с ограниченной ответственностью «Инвестстрой»). Рекомендации были разработаны при проведении работ по изготовлению несущих подложек по технологическому процессу КТД 01100.00298, разработанному на первом этапе настоящего Соглашения.

#### **Обоснование рекомендаций по оптимизации технологического процесса.**

В процессе обработки экспериментальных образцов режущих элементов было установлено, что по технологическим свойствам, а также по соотношению цена качество на операциях их обработки шлифованием более подходящей является смазочно - охлаждающее средство фирмы Houghton Metalina ВУ 2211 (5-% водный раствор) (<http://houghton.com.ru/catalog/category3693/3696.html>). Она представляет собой синтетическую жидкость, рекомендуемую производителем для шлифовки твердых сплавов, стали и чугуна. Она не содержит масел, вторичных аминов, бора. При смешивании с водой образует очень стабильный, прозрачный раствор с оптимальными характеристиками. Соответствующие изменения были внесены в Ведомость материалов и Маршрутную карту.

С целью повышения производительности при обработке заготовок экспериментальных режущих элементов на плоскошлифовальном станке предлагается обрабатывать одновременно по 6...10 изделий. Поскольку в изделиях присутствует кобальт в количестве нескольких % массовых, то при их обработке возможно использование

магнитного стола для крепления при обработке. Изделия фиксируются на магнитном столе станка с помощью специальных приспособлений (кассет) – рисунок 5.



Рисунок 5. Фиксация образцов на магнитном столе плоскошлифовального станка 3Е711ВФ2.

Были подобраны параметры обработки материала, обеспечивающие соответствие размеров получаемых изделий требованиям ТЗ. Было показано, что использование большего количества заготовок приводит к существенным отклонениям от заданных размеров и поэтому нецелесообразно. Также была уточнена марка используемого плоскошлифовального станка 3Е711ВФ2. Соответствующие изменения были внесены в Маршрутную карту.

Обработка цилиндрической поверхности заготовки режущих элементов в размер является весьма важной операцией. Именно на ней задается внешний диаметр заготовки, сопрягаемой впоследствии с элементами сборки для спекания алмазно-твердосплавной пластины. Для повышения производительности этой операции была проведена работа по замене обработки цилиндрической поверхности образцов на круглошлифовальном станке 3У12АФ11 обработкой на бесцентровошлифовальном станке 3У183В (рисунок 6).



Рисунок 6. Станок для бесцентрового шлифования.

Шлифование на бесцентровошлифовальных станках имеет ряд преимуществ по сравнению со шлифованием на круглошлифовальных, а именно:

- более высокая производительность за счет исключения вспомогательных операций на установку и снятие детали;
- отпадает необходимость в центровых отверстиях, в нашем случае исключаются операции приклеивания заготовки к оправке и последующего отклеивания готового изделия;
- высокая точность обработки при средней квалификации рабочего;
- бесцентровошлифовальные станки легко автоматизируются, что позволит легко нарастить требуемый объем продукции.

Были сконструированы оправки, позволяющие надежно помещать обрабатываемые изделия в рабочую зону станка, подобраны режимы обработки, позволяющие получать требуемые по техническому заданию параметры. Использование станка для бесцентровой шлифовки позволило существенно (в 2-3 раза) уменьшить время на обработку одного изделия. Соответствующие изменения были внесены в Маршрутную карту.

## **Заключение.**

При выполнении работ на 3 этапе решены следующие задачи:

- 1 Проведена корректировка технологической документации изготовления экспериментальных образцов материалов режущего слоя по результатам исследовательских испытаний.
2. Разработаны рекомендации по оптимизации технологического процесса промышленного производства материалов режущего слоя на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту.
3. Сформулированы технические требования и предложения по производству материалов режущего слоя на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту.
4. Сделаны обобщения и выводы по результатам ПНИ.
- 5 Проведены оценки полноты решения задачи и достижения поставленных целей ПНИ.
- 6 Проведены исследовательские испытания макетов режущих элементов.
7. Проведена корректировка технической документации макетов режущих элементов.
8. Разработаны рекомендации по оптимизации технологического процесса промышленного изготовления режущих элементов на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту.

**В разделах 1-5** отчёта приведены результаты работ по пункту 3 ПГ:

1. Рекомендации по оптимизации технологического процессе на основе опыта проведения работ по изготовлению материалов режущего слоя по технологическому процессу КТД
2. Технические требования и предложения для оснащения участка по производству материалов режущего слоя мощностью до 500000 штук в год.
3. Обобщение и выводы по результатам ПНИ.
4. Оценки полноты решения задачи и достижения поставленных целей ПНИ.
5. Рекомендаций по оптимизации технологического процесса промышленного изготовления режущих элементов на предприятии Индустриального партнера по комплексному проекту.

Также приведен отчёт о патентных исследованиях.

По результатам проведенных патентных исследований можно сделать вывод, что разрабатываемые в рамках проекта технологические решения отвечают современным

тенденциям развития технологий производства сверхтвердых материалов для высокоэффективного режущего и бурового инструмента.

В результате поиска обнаружены заявки на изобретения США, РФ и ряда европейских стран, описывающие способы получения поликристаллических алмазных материалов для алмазно-твердосплавных пластин. Однако, сопоставительный анализ способов, защищенных этими патентами, с техническими решениями, разрабатываемыми в настоящем проекте, показал, что объект исследования имеет существенные отличительные признаки, позволяющие сделать вывод о том, что он может обладать патентной чистотой в отношении указанных стран.

**Таким образом,** работы, выполненные на 3 этапе по Соглашению о предоставлении субсидии № 14.577.21.0159 по теме «Разработка технологии получения наноструктурированного режущего слоя из сверхтвердых материалов для высокоэффективного породоразрушающего инструмента» (шифр заявки «2015-14-579-0032-002») удовлетворяют условиям Соглашения, технического задания и плана-графика исполнения обязательств.