

## Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

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

по этапу № 5/итоговый

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.583.21.0005

Тема: «Исследования и разработка технологий изготовления особоизносостойких материалов для производства высокоэффективного режущего и бурового инструмента»

Приоритетное направление: Индустрия наносистем (ИН)

Критическая технология: Технологии получения и обработки конструкционных наноматериалов

Период выполнения: 22.08.2014 - 31.12.2016

Плановое финансирование проекта: 39.16 млн. руб.

Бюджетные средства 19.58 млн. руб.,

Внебюджетные средства 19.58 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов"

Иностранный партнер: Государственное научное учреждение «Институт порошковой металлургии»

Ключевые слова: АЛМАЗ, ТВЁРДЫЙ СПЛАВ, СВЕРХТВЁРДЫЙ МАТЕРИАЛ, КОМПОЗИТ

#### 1. Цель проекта

1.1. Формулировка цели реализуемого проекта. Создание в России и республике Беларусь технологий и собственного производства наноструктурированных алмазных компактов и двухслойных алмазно-твердосплавных пластин (АТП) для изготовления особоизносостойкого высокоэффективного бурового и режущего инструмента для обработки материалов с экстремальными значениями твёрдости и прочности.

1.2. Задачи, на решение которой направлен реализуемый проект.

- доработка опытной технологии синтеза микроалмазов для выполнения требований к исходным компонентам;
- разработка конструкции аппарата высокого давления;
- исследование и разработка опытной технологии получения наноструктурированного материала на основе вольфрамокобальтового твёрдого сплава для применения в качестве подложки АТП; изготовления АТП с высокими физико-механическими свойствами на наноструктурированной подложке;
- изготовление и исследование опытных образцов АТ.

#### 2. Основные результаты проекта

2.1 В процессе работы на 1 этапе получены следующие результаты:

1. Выполнен аналитический обзор современной научно-технической, литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ.
2. Проведены патентные исследования по ГОСТ Р15.011-96.
3. Проведены исследование, обоснование и выбор методов и средств, направления исследований и способов решения поставленных задач.
4. Выполнено исследование и обоснование требований к исходным компонентам, обеспечивающим получение АТП с заданными свойствами.
5. Выбран способ получения наноструктурированного материала на основе вольфрамокобальтового твёрдого сплава, с высокими физико-механическими характеристиками.
6. Исследованы и обоснованы требования к технологическому оборудованию, необходимому для получения АТП с заданными свойствами и обеспечивающему высокую производительность и экономичность разрабатываемой технологии.

Иностранным партнёром (ГНПО ПМ, г. Минск, Республика Беларусь) проведены следующие исследования:

1. Исследование процессов взаимодействия фаз и формирования многокомпонентного связующего материала при твёрдофазном и жидкофазном спекании.



2. Обоснование нового технологического подхода к управляемому синтезу гибридных высоконаполненных композиционных материалов на основе алмаза.

В процессе работы на 2 этапе получены следующие результаты:

1 Выполнена доработка опытной технологии синтеза микроалмазов для выполнения требований к исходным компонентам, обеспечивающим получение двухслойных алмазно-твёрдосплавных пластин (АТП) с заданными характеристиками.

2 Разработан способ получения наноструктурированного материала на основе вольфрамокобальтового твёрдого сплава.

3 Разработана программа и методики исследования физико-механических свойств наноструктурированного материала на основе вольфрамокобальтового твёрдого сплава.

4 Изготовлена опытная партия наноструктурированного материала на основе вольфрамокобальтового твёрдого сплава, проведено исследование его физико-механических свойств.

5 Нарботана опытная партия микроалмазов, соответствующих заданным требованиям.

6 Разработан состав и технология спекания режущего слоя АТП на основе микро и наноалмазов.

7 Проведены дополнительные патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р15.011-96.

Иностраным партнёром (ГНПО ПМ, г. Минск, Республика Беларусь) проведены следующие исследования:

1 Выполнено исследование процессов импульсной горячей и взрывной консолидации алмазных ультрадисперсных порошков, многокомпонентных порошков твёрдосплавных и алмазных композиций.

2 Разработаны методики взрывной, горячей взрывной и горячей квазистатической консолидации алмазных композиций.

Проведены патентные исследования по результатам исследований.

В процессе работы на 3 этапе получены следующие результаты:

1 Разработана программа и методики исследования физико-механических свойств опытных образцов АТП.

2 Изготовлены опытные образцы АТП на наноструктурированных подложках с режущим слоем на основе микро и наноалмазов, проведено исследование их физико-механических свойств.

3 Разработана конструкция аппарата высокого давления (АВД), обеспечивающего спекание одновременно до 3-х АТП диаметром 13,5±20 мм и толщиной алмазного слоя 1,0±3,0 мм при давлении до 8 ГПа.

4 Разработана программа и методика испытаний опытных образцов АВД новой конструкции.

5 Изготовлены и испытаны опытные образцы АВД новой конструкции.

6 Проведены дополнительные патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р15.011-96.

Иностраным партнёром (ГНПО ПМ, г. Минск, Республика Беларусь) проведены следующие исследования:

1 Проведена адаптация технологического процесса детонационного синтеза к новому типу ВВ, выполнены исследование детонационных характеристик и состава продуктов детонации, корректировка составов и технологии.

2 Изготовлена опытная партия энергетических материалов и зарядов; выполнен синтез наноуглеродной алмазосодержащей шихты.

В процессе работы на 4-м этапе получены следующие результаты:

1 Отработана технология изготовления АТП на аппаратах новой конструкции.

2 Изготовлена опытная партия АТП на наноструктурированных подложках с наноструктурированным режущим слоем.

3 Выполнено исследование структуры АТП на наноструктурированных подложках с наноструктурированным режущим слоем.

Иностраным партнёром (ГНПО ПМ, г. Минск, Республика Беларусь) получены следующие результаты:

1 Разработана экологически чистая и высокопроизводительная технология очистки алмазосодержащей шихты.

2 Разработаны технологические процессы модифицирования поверхности наноалмазов.

3 Изготовлена опытная партия нано и микро порошков алмазов для дальнейшей переработки в компакты и композиционные материалы.

В процессе работы на 5-м этапе получены следующие результаты:

1 Разработаны программа и методики испытаний инструмента с применением разработанных АТП;

2 Изготовлены и испытаны образцы инструмента с применением разработанных АТП;

3 Проведено обобщение и оценка результатов исследований;

4 Выполнена оценка эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем;

5 Разработан проект ТЗ на ОТП по разработке технологии опытно-промышленного производства АТП.

6 Проведены дополнительные патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р15.011-96.

Иностраным партнёром (ГНПО ПМ, г. Минск, Республика Беларусь) выполнены следующие работы:

– Разработана технология импульсной консолидации нано- и микропорошков алмаза;

– Изготовлены экспериментальные образцы компактов и исследованы их физико-механические свойства;

– Изготовлены опытные образцы алмазного инструмента для бурения и режущих элементов на основе консолидированных микро- и нано- порошков алмазов и проведены их испытания.

2.2 ФГБНУ ТИСНУМ разработаны:

1. Способ и технология получения материала на основе вольфрамокобальтового твёрдого сплава с уменьшенными размерами зерна спечённого образца, более однородной микроструктурой и связанному с этим повышению трещиностойкости и стойкости к термоудару.

2 Усовершенствованная высокопроизводительная технология синтеза микроалмазов с размером зёрен 5 – 40 мкм, с коэффициентом формы не более 1,3 и содержанием монокристаллов в порошках зернистостей 40/28 и 28/20 - не менее 90 %.

3 Новая технология спекания режущего слоя алмазно-твёрдосплавных пластин.

Разработанные технологии позволяют изготавливать алмазно-твёрдосплавные пластины со следующими характеристиками:

– диаметр Ø –	13,5±0,02 мм; 19,02±0,03мм;
– толщина δ	8,03±0,01 мм;
– толщина алмазного слоя	2,06±0,05 мм;
– твёрдость алмазного слоя	79±2 ГПа;
– прочность на сжатие	1,39±0,02 ГПа;
– прочность на изгиб	1,19±0,02 ГПа;
– трещиностойкость $K_{Ic}$	5,8±0,1 МПа · м <sup>1/2</sup> ;
– износостойкость	0,20±0,03 мг/кг.

ГНПО ПМ



Разработаны методики взрывной, горячей взрывной и горячей квазистатической консолидации алмазных композиций, позволяющие получить алмазные компакты со следующими характеристиками:

– геометрические размеры	Æ5 – 13; δ 10 мм,
– твердость	85 ГПа,
– прочность на сжатие	2,00 ГПа,
– прочность на изгиб	1,05 ГПа,
– модуль упругости (Юнга)	700 ГПа,
– трещиностойкость, $K_{Ic}$	7,1 МПа·м <sup>1/2</sup> ,
– износостойкость,	0,30 мг/кг,
– термостойкость	1473 К,
– теплопроводность	400 Вт/м К.

### 3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

1. Заявка на предполагаемое изобретение № а20150306 от 04.06.2015 г. «Состав для изготовления твёрдосплавной смеси на основе карбида вольфрама» Республика Беларусь, РФ.
2. Ноу-хау № 615062610007 от 26.06.2015 г. «Лабораторный технологический регламент синтеза мироалмазов», РФ.
3. Ноу-хау № 615062610008 от 26.06.2015 г. «Лабораторный технологический регламент спекания режущего слоя АТП», РФ.
4. Ноу-хау № 615062610009 от 26.06.2015 г. «Лабораторный технологический регламент получения наноструктурированного материала на основе вольфрамокобальтового твёрдого сплава», РФ.
5. Заявка на предполагаемое изобретение № а20150608 от 07.12.2015 г. "Шихта для получения износостойкого композиционного материала" Республика Беларусь, РФ.
6. Ноу-хау "Лабораторный технологический регламент спекания режущего слоя алмазно-твёрдосплавных пластин. АТП.284131.001.ЛР." Приказ ФГБНУ ТИСНУМ № 53/1-о от 20.10.2015 г. РФ.
7. Ноу-хау "Ячейка высокого давления НУМК.294639.002". Приказ ФГБНУ ТИСНУМ № 81-о от 21.12.2015 г. РФ.
8. Ноу-хау "Вставка твёрдосплавная НУМК.714123.001". Приказ ФГБНУ ТИСНУМ № 82-о от 21.12.2015 г. РФ.
9. Программа для ЭВМ "Программа для определения размеров зёрен композитного материала". Свидетельство о регистрации № 2015662138 от 17.11.2015 г. РФ.
10. Программа для ЭВМ "Программа для определения характерных направлений в образце с зеренной структурой по оптической фотографии". Заявка № 2015661114 от 17.11.2015 г. РФ.
11. Программа для ЭВМ "Программа для определения оптимальных областей наноиндентирования на поверхности образца". Заявка № 2015661150 от 17.11.2015 г. РФ.
12. Ноу-хау "Лабораторный технологический регламент изготовления алмазно-твердосплавных пластин на АВД новой конструкции (АМКМ.196514.003.ЛР)" Приказ ФГБНУ ТИСНУМ № 78-о от 24.06.2016 г. РФ.

### 4. Назначение и область применения результатов проекта

Разрабатываемые технологии наноструктурированных алмазных компактов и алмазно-твердосплавных пластин (АТП) могут быть использованы для изготовления энергоэффективного породоразрушающего инструмента и оборудования для нефтегазовой промышленности (буровые PDC долота, буровые головки, расширители, калибраторы и др.)

### 5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Организация производства новой и усовершенствованной высокотехнологической продукции;  
Организация дополнительного экспорта высокотехнологичной продукции;  
Привлечение инвестиционных средств;  
Увеличение внутренних затрат на исследования и разработки, включая внебюджетные средства;  
Повышение уровня занятости высококвалифицированных кадров, в т.ч. молодых специалистов;  
Снижение материало- и энергоёмкости производства;  
Сохранение и развитие научно-технического потенциала;  
Повышение качества выполняемых работ;  
Рост конкурентных преимуществ.

### 6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Буровой инструмент, предназначен для работы в экстремальных условиях эксплуатации: для бурения на нефть и газ в сложных геологических условиях – для сверхглубокого бурения самых твердых (X – XII категорий) горных пород. Высокие физико-механические свойства наноструктурированных алмазных компактов и АТП обеспечивают высокую скорость бурения при максимальной осевой нагрузке, увеличение не менее чем на 30 % средней скорости проходки, что позволяет значительно снизить стоимость скважин

7. Наличие соисполнителей

Для работ по проекту соисполнители отсутствуют

федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
"Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных  
материалов"

\_\_\_\_\_  
Директор  
(должность)



(подпись)

Бланк В.Д.

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель работ по проекту

\_\_\_\_\_  
директор  
(должность)



(подпись)

Бланк В.Д.

(фамилия, имя, отчество)

М.П.

