

УДК 621.793

## **ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ПАРКА «ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА» КАК МЕХАНИЗМА ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ**

**А.В. Константинов, П.П. Швайко**

ОАО «Электромеханика», г. Ржев

В настоящей статье рассматриваются вопросы научно-производственной специализации фирм в составе научно-промышленного технопарка «Электромеханика»: литьё лёгких сплавов; выращивание монокристаллов тугоплавких металлов; комбинированное упрочнение и нанесение износостойких и термозащитных покрытий на изделия; нанесение высококачественных покрытий методом сверхзвукового газоплазменного, ионно-плазменного и магнетронного напыления.

***Ключевые слова:** научно-промышленный парк, импортозамещение, научный инновационный центр, коммерциализация, интеллектуальная собственность, сверхзвуковое напыление, упрочнение поверхностей, монокристаллы.*

В Стратегии инновационного развития РФ на период до 2020 года определены долгосрочные ориентиры развития субъектов инновационной деятельности, включая органы государственной власти всех уровней, науку и предпринимательский сектор. В целях повышения наукоёмкости промышленного комплекса Тверской области и стимулирования на этой основе инновационных процессов в регионе актуальным становится создание новых эффективных элементов региональной инновационной системы: промышленных технопарков, технопарков высоких технологий.

Технопарки создаются для обеспечения тесного сотрудничества между предприятиями промышленности, органами региональной власти, научными и образовательными учреждениями с целью решения проблем социально-экономического развития региона. Технопарк как оптимальный формат территориальной организации экономики содействует привлечению инвестиций в регион, модернизации промышленного производства, созданию экономических и организационных условий для развития малого и среднего бизнеса, решению вопросов занятости.

Научно-промышленные парки (НПП) представляют собой относительно новую группу технопарковых структур, в которых созданы условия как для обеспечения предприятий инфраструктурой, так и для разработки и внедрения новых технологий в производство. НПП «Электромеханика» создается в качестве проекта, который

предусматривает формирование крупного технопаркового комплекса, объединяющего инновационный потенциал ОАО «Электромеханика», бизнес-структур, научных и инновационных центров, высших учебных заведений, расположенных в Тверском регионе.

Научно-промышленный парк «Электромеханика» как инновационный посредник коммерциализации объектов интеллектуальной собственности призван выполнять следующие функции:

- ✓ интеграция интеллектуальных, информационных, материально-технических и финансовых ресурсов научных и образовательных учреждений Тверской области для развития научно-технологического потенциала региона;
- ✓ формирование в регионе научно-производственной инфраструктуры, благоприятной для выпуска наукоемкой продукции, конкурентоспособной на региональном и российском рынках;
- ✓ формирование и стимулирование спроса на интеллектуальную продукцию для перевода экономики региона на передовую технологическую основу;
- ✓ повышение конкурентоспособности прикладных научных результатов, проектно-конструкторских разработок для расширения купли-продажи объектов интеллектуальной собственности: лицензий, патентов;
- ✓ привлечение инвестиций, способствующих насыщению регионального рынка наукоемкой продукцией, в том числе для импортозамещения и расширения экспортного потенциала региона;
- ✓ представление интересов собственников проектов и технологий, защита интеллектуальной собственности резидентов парка;
- ✓ создание инновационного «интерфейса» для государственного регулирования роста производственно-экономического потенциала Тверской области.
- ✓ финансовая, организационно-техническая и правовая поддержка вновь создаваемых фирм наукоемкого и высокотехнологичного бизнеса, в том числе аренда производственных помещений и оборудования.

Формируемый в инновационной среде г. Ржева научно-промышленный парк «Электромеханика» призван оказывать существенное влияние на социально-экономическое и инновационное развитие города и области (рис. 1). Среди важнейших задач — улучшение взаимодействия региональных администраций с существующими элементами инновационной инфраструктуры: научно-

исследовательскими и образовательными центрами, инфраструктурой финансирования инноваций и инновационными компаниями.



Рисунок 1 — Организация научно-промышленного парка «Электромеханика»

В настоящее время организована группа компаний «Электромеханика» для реализации самостоятельной финансово-коммерческой деятельности с целью развития инновационной деятельности (рис. 2):

- ✓ ООО «РМК» (Ржевская металлургическая компания), в базовое оборудование которой входит вакуумная индукционная установка с холодным тиглем типа «УПХТ», которая обеспечивает производство сложнлегированных сплавов на основе титана и его интерметаллидов, таких как TiAl и TiNi;
- ✓ ООО ПП «АГРОТОРФПРОМ» (Кувшиново), осуществляющее добычу и переработку торфа;
- ✓ ООО «НПЦ «АвиаЛит», обеспечивающее высококачественное литьё изделий из лёгких сплавов;
- ✓ ООО «НТК Электромеханика», занимающееся вопросами оборудования и технологии выращивания монокристаллов тугоплавких металлов (W, Mo, Nb, Ta) методом зонной плавки; получения гранул жаропрочных и тугоплавких сплавов для синтеза новых композиционных и наноструктурных материалов, износостойких покрытий,

- магнитных сплавов, припоев получения гранул жаропрочных и титановых сплавов;
- ✓ ООО «ЦНП Электромеханика», ориентированное на создание защитных покрытий методами плазменного и ионно-плазменного напыления с целью повышения износостойкости, коррозионной стойкости, фрикционных и изоляционных свойств изделий.



Рисунок 2 — Научно-производственная специализация фирм в составе научно-промышленного технопарка «Электромеханика»

Дальнейшее развитие научно-производственной специализации фирм в составе научно-промышленного технопарка «Электромеханика» предусматривает создание ряда предприятий по:

- ✓ обработке изделий с использованием электронно-лучевых технологий: пайка, сварка, модификация поверхностного слоя, синтез новых композиционных материалов, напыление, плавка;
- ✓ производству бинарного льда для предварительного охлаждения и временного хранения рыбы, сельскохозяйственной продукции на базе ресурсосберегающей и экологически безопасной технологии

- с использованием хладоносителя с фазовым переходом в диапазоне температур 0 – минус 2°C в судовых условиях;
- ✓ производству ветрогенераторов;
  - ✓ производству оборудования для переработки твердых отходов;
  - ✓ производству трехколесных электрических скутеров;
  - ✓ производству технологического подъемного оборудования с электрическим приводом.

Далее рассмотрим наиболее перспективные, с нашей точки зрения, инновационные предприятия:

*1. Предприятие по литью лёгких сплавов (ООО «НПЦ «АвиаЛит»).*

В 2013 году компания ООО «НПЦ «АвиаЛит» начала деятельность по реализации бизнес-проекта «Создание цеха литья легких сплавов» в г. Ржеве. Основная деятельность созданного производства заключается в обеспечении высококачественным магниевым литьем оборонную промышленность Российской Федерации. Соответственно, ключевым вопросом при организации нового производства было создание стандарта необходимого высочайшего уровня качества выпускаемой продукции. Производство спроектировано и реализовано с учетом всех современных требований, предъявляемых к печному и плавильному оборудованию, организации производства, рабочим местам, экологическим и пожарным нормам. Цех магниевых литья оборудован новейшим печным, литейным и формовочным оборудованием, современной высокоэффективной системой фильтрации и вентиляции, всеми системами противопожарной защиты.

В производстве применяются современные и инновационные технологии и методы литья, такие как безфлюсовая плавка, что сокращает до возможного минимума все производственные запахи и выбросы. В процессе развития предприятия запланировано создание гальванического отделения с комплексом высокоэффективных очистных сооружений, сохраняющих природную экосистему г. Ржева. Планируется установка современного телеметрического рентгеновского комплекса «Сова+», механической и химической лабораторий.

Инвестиции в производственную инфраструктуру вновь создаваемого на территории ОАО «Электромеханика» предприятия оцениваются в 100-150 миллионов рублей. Создание и запуск нового производства повлечет за собой создание новых рабочих мест в городе, количество которых оценивается в 40-50 единиц, включающих в себя рабочих различных специальностей, а также высококвалифицированный инженерный и лабораторный персонал.

*2. Предприятие по выращиванию монокристаллов тугоплавких металлов (W, Mo, Nb, Ta), (ООО «НТК Электромеханика»).*

Предприятие обеспечивает получение монокристаллов тугоплавких металлов молибдена (Mo), ниобия (Nb), вольфрама (W) и тантала (Ta) методом бестигельной зонной плавки с помощью электронно-лучевой пушки.

В качестве базовой используется установка «БЗП-ТМ-2010-01-С» (рис. 3), состоящая из нескольких комплексов: электромеханического, вакуумного, энергетического, системы автоматического управления и системы подачи воздуха.

В рабочей камере размещаются: заготовка, закрепляемая в вертикальном положении в цанге привода заготовки, телескопическая водоохлаждаемая штанга привода верхнего, заправка, установленная в цанговом зажиме водоохлаждаемой штанги привода заготовки, водоохлаждаемая штанга привода нижнего, токоподвод с нагревателем, экраны защитные.



Рисунок 3 — Внешний вид установки «БЗП-ТМ-2010-01-С»

Внешний вид образцов монокристаллов ниобия и вольфрама приведён на рис. 4.

*3. Предприятие для комбинированного упрочнения и нанесения многокомпонентных, многослойных, износостойких и термозащитных покрытий на изделия (ООО «ЦНП Электромеханика»)*

В качестве базовой используется установка «УНП-300» (рис. 5), предназначенная для реализации ионно-плазменной технологии

нанесения износостойких покрытий на изделия в вакууме. Технология ионно-плазменного осаждения покрытий требует размещения упрочняемых деталей (изделий) в вакуумной камере и создания в ней высокой степени вакуума (до 0,005Па).

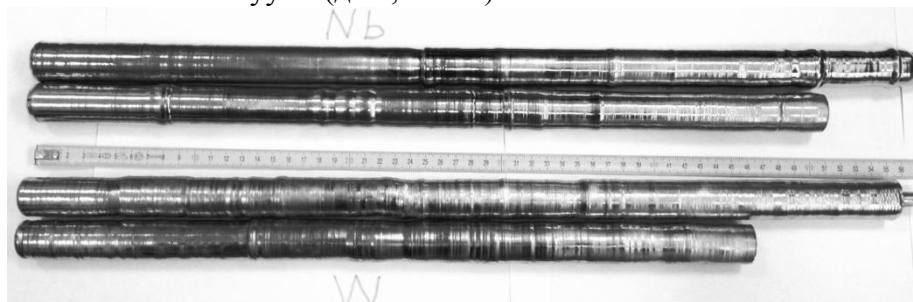


Рисунок 4 — Внешний вид образцов монокристаллов ниобия и вольфрама

На камере установлены генераторы металлической плазмы (электродуговые испарители), которые обеспечивают испарение рабочего вещества, образующего покрытие. Установка содержит специальные источники питания, обеспечивающие работу испарителей, а также поддержание требуемых параметров плазменной среды за счёт подачи на обрабатываемый инструмент высокого электрического потенциала. Режущий инструмент устанавливается на карусели, привод которой обеспечивает плавное регулируемое вращение.



Рисунок 5 — Внешний вид установки «УНП-300»

К преимуществам установки «УНП-300», предназначенной для реализации технологии ионно-плазменного осаждения, следует отнести:

- ✓ возможность объединения в одном вакуумном цикле процессов химико-термической обработки и нанесения износостойкого покрытия;

- ✓ возможность нанесения многокомпонентных и многослойных покрытий;
- ✓ наличие узла радиационного нагрева подложек общей мощностью 10 кВт;
- ✓ малое время выхода на предельный вакуум (не менее  $5 \times 10^{-3}$  Па) - не более 20 минут;
- ✓ наличие регулируемого натекаателя с тремя каналами для неагрессивных невзрывоопасных газов.

*3.1. Проект предприятия по нанесению высококачественных покрытий методом сверхзвукового газо-плазменного, ионно-плазменного и магнетронного напыления (ООО «ЦНП Электромеханика»)*

В последнее десятилетие быстро развивается группа высокоскоростных методов нанесения порошковых покрытий, объединенных английским термином *HVOF* (High Velocity Oxy-Fuel), в переводе на русский язык — *газопламенное сверхзвуковое*. Распыляемые материалы (полимеры, карбиды, металлы) образуют термобарьерные, износо- и коррозионностойкие покрытия высокого качества, которые выдерживают воздействие высоких тепловых, ударно-абразивных и химически активных нагрузок.

Для обеспечения защиты деталей сопловых аппаратов ракетных двигателей возможно послойное нанесение на поверхность изделия подложки из молибдена методом магнетронного напыления с последующим нанесением термобарьерного покрытия методом сверхзвукового газопламенного напыления (СГН).

Молибденовые покрытия отличаются высокой твердостью (400...900HV), износостойкостью, стойкостью к абразивному воздействию и эрозии. Важным свойством молибденовых покрытий являются очень высокие антизадирные свойства. Данный комплекс технологических процессов возможно объединить в одной установке.

Магнетронное напыление происходит за счёт катодного распыления поверхности мишени ионами. Использование скрещенных электрического и магнитного полей позволяет интенсифицировать мощность магнетронного разряда и локализовать его в заданной области мишени. При использовании инертных газов в магнетронном разряде удаётся получить покрытия, близкие по составу к распыляемой мишени, а при применении газов, химически реагирующих с материалом мишени, в чистом виде или в виде добавок к инертному газу — получить покрытия из химических соединений материала мишени с химически активным газом. Эти соединения образуются на поверхности мишени магнетрона благодаря иницированию химических реакций ионной бомбардировкой, а затем распыляются и оседают на подложке.



При сверхзвуковом газопламенном напылении порошок подается по оси горелки в камеру с высоким давлением, где постоянно горит рабочий газ в смеси с кислородом. Плазма из продуктов сгорания со сверхзвуковой скоростью выбрасывается из горелки через удлиненное сопло. Частицы порошка нагреваются и разгоняются в этой струе. Приобретая при этом большую кинетическую энергию, порошок попадает на напыляемую деталь, образуя очень плотное покрытие, которое характеризуется отличным сцеплением с материалом детали. Благодаря невысокому тепловому вложению в напыляемый порошок и в деталь, которая остается практически холодной, изменения металлургической структуры порошка и детали незначительны.

Для СГН характерно, что температура частиц распыляемого материала близка к точке плавления основных металлов, а их скорости повышены, в сравнении с другими методами. Эти особенности позволяют снизить насыщение распыляемых частиц газами атмосферы при обеспечении высокого импульсного давления при ударе частиц о поверхность основы. В результате структура покрытия сочетает низкие пористость и степень окисления с высокой адгезионной прочностью, 80...150 МПа.

К наиболее эффективным областям применения технологии СГН могут быть отнесены:

- ✓ нанесение защитных (термобарьерных) покрытий на элементы конструкций газовых турбин для нужд энергетики, космического и авиационного двигателестроения;
- ✓ замену электролитического хромирования на ответственных деталях (например, стойки шасси самолетов);
- ✓ нанесение износостойких покрытий на элементы оборудования, используемого в нефтяной и газовой промышленности (насосы, запорная и регулирующая арматура);
- ✓ защита от эрозии и кавитации гидротурбин и других рабочих элементов гидрооборудования;
- ✓ защита от воздействия контактных нагрузок, агрессивных сред и высоких температур в металлургии.

Для обеспечения работы комплексов необходимо рассмотреть возможность создания производственной базы отечественных материалов для создания покрытий порошков и возможного их использования в гранульной металлургии.

Производство прецизионных особо чистых монокристаллических мишеней для получения высококачественных покрытий магнетронным способом необходимо для создания мишеней молибдена со структурой монокристалла 1-1-1 для обеспечения молибденирования поверхности гиперзвуковых двигателей и летательных аппаратов.

На сегодняшний день созданы пилотные образцы оборудования, позволяющего получать уникальные заготовки методом бестигельной зонной плавки высокотемпературных материалов ниобия, молибдена, вольфрама диаметром до 45 мм и длиной 750 мм, что позволяет создавать мишени с монокристаллической структурой как для внутритрубных, так и планарных магнетронов.

На установках центробежного распыления типа «УЦР» получены порошки с гарантированной фракцией менее 50 мкм сложных высокотемпературных сплавов, в том числе титаносодержащих сплавов, молибдена, а также интерметаллидов. При помощи таких порошков возможно получение особо стойких покрытий на основе оксидов, карбидов, нитридов, а также создание композиционных матриц и получение материалов с заранее заданными характеристиками.

Создание производственных комплексов нанесения покрытий методом сверхзвукового газопламенного, ионно-плазменного и магнетронного напыления позволит значительно увеличить ресурс эксплуатации деталей и узлов ракетных комплексов, авиационных двигателей, наземных газотурбинных установок, а также обеспечит достижение характеристик, которые невозможно получить традиционными способами, изменением состава материала и любой химической обработкой.

#### *4. Совместный проект ОАО «Электромеханика», ТвГУ и ТГТУ*

Одним из ключевых факторов успешного функционирования технопарковых структур является обеспечение прочных партнерских связей предприятия с университетами и научными учреждениями. Университеты являются не только центром научных и технологических разработок, которые оснащены новейшими приборами оптической, электронной растровой, просвечивающей микроскопии, стендами для механических испытаний новых композиционных материалов на прочность, твёрдость и трение, но и основным источником квалифицированных кадров как для региона в целом, так и для резидентов технопарка в частности.

Наиболее распространенной формой сотрудничества между технопарками и университетами является совместное выполнение научно-технических программ. Возможными формами сотрудничества между технопарками и университетами являются: совместные образовательные программы, создание совместной инфраструктуры (центров коллективного пользования). Поэтому в настоящее время особое внимание уделяется развитию научно-технических отношений между ОАО «Электромеханика» и вузами Тверского региона.

ОАО «Электромеханика», ТвГУ и ТГТУ провели исследования микроструктуры, химического состава и свойств образцов, полученных по технологиям горячего изостатического прессования (ГИП) и

послойного синтеза с помощью электронного луча. Для решения поставленных задач были использованы современные методы исследований и уникальная измерительная аппаратура:

- ✓ сканирующий интерференционный микроскоп ZYGO NewView 7300;
- ✓ атомно-силовой микроскоп Solver 47H с приставкой для исследования модуля Юнга и твердости на наноуровне;
- ✓ растровый электронный микроскоп фирмы Jeol 6510 LV;
- ✓ система микроанализа INCA Energy++ фирмы Oxford Instruments;
- ✓ исследовательский инвертированный микроскоп Axiovert 200 MAT;
- ✓ электронный измеритель шероховатости TR200;
- ✓ оптический профилометр NanoMap фирмы SEAP Technology (США).

Механизм получения новых гранульных композиционных материалов на базе технологии синтеза изделий электронным лучом показан на рис. 6. Создание данной технологии, разработка принципиально нового технологического оборудования открывают новые возможности по созданию композиционных материалов (КМ) из гранул различного химического состава, получению материалов с программированной структурой и заранее прогнозируемыми свойствами.

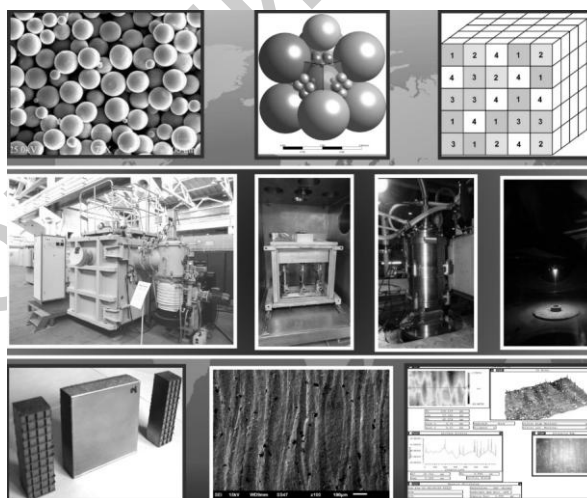


Рисунок 6 — Механизм получения новых гранульных композиционных материалов на базе технологии синтеза изделий электронным лучом

*5. Совместный проект с Тверской государственной медицинской академией (ООО «Ржевская металлургическая компания»)*

В настоящее время медицинская, авиационная, космическая и судовая отрасли промышленности испытывают огромную нехватку

перспективных материалов, таких как: сплавы с памятью формы, интерметаллические сплавы, титановые сплавы с высоким содержанием легирующих элементов, поскольку в мире насчитывается всего несколько установок, способных производить отливки из данных материалов.

Специалистами ОАО «Электромеханика» спроектирована и изготовлена вакуумная индукционная плавильная печь с холодным тиглем типа «УПХТ» для индукционной гарнисажной плавки в «холодном» тигле, плавки химически активных и особо чистых металлов и сплавов и литьё из этих сплавов.

Зачастую основанная на применении «холодного» тигля технология является единственной для выплавки металла с заданными свойствами, составом и чистотой или для получения сплава металлов, неподдающихся смешиванию при применении других технологий.

Проведенные нами плавки высоколегированных титановых сплавов, таких как нитинол, интерметаллиды TiAl и др. показали преимущества установок с холодным тиглем типа «УПХТ».

Сплавы на основе никелида титана, получаемые на установке «УПХТ», обладают высокой коррозионной стойкостью и биологической инертностью, что позволяет использовать их для изготовления имплантатов наряду с титановыми сплавами. Но в отличие от последних, никелид титана обладает эффектом запоминания формы (способностью восстанавливать свою исходную форму при нагреве) и сверхупругостью (возможностью восстанавливать при разгрузке значительные — до 15% — деформации).

Никелид титана имеет хорошую биологическую совместимость с тканями организма.

Имплантаты из сплавов с термомеханической памятью имеют уникальное сочетание свойств, которое ставит их вне конкуренции. Прочность, превышающая прочность титана, позволяет имплантатам нести большие нагрузки. Эластичность, сравнимая с эластичностью живых тканей, обеспечивает биомеханическую совместимость тканей и имплантатов. Высокая коррозионная стойкость обеспечивает биохимическую совместимость с тканями. Колоссальная циклоустойкость позволяет выдерживать сотни тысяч циклов знакопеременной деформации без разрушения. И конечно, эффект памяти формы позволяет упрощать и ускорять существующие и создавать новые методы лечения

В настоящее время в России наблюдается острая нехватка производственной инфраструктуры для медицинского оборудования и технических медицинского инструментов.

Уже около 20 лет проводятся попытки получения сплава никелида титана как полуфабриката для изготовления медицинских инструментов и техники.

Но широкого распространения отечественного производства никелида титана не произошло из-за сложного производственного процесса получения этого сплава.

В настоящее время никелид титана плавится пока только за границей, поскольку для российских металлургических заводов производство никелида титана, к сожалению, является дорогостоящей деятельностью, что приводит к запредельной стоимости полуфабриката никелида титана.

В рамках совместной работы ОАО «Электромеханика» и Тверской государственной медицинской академии на ООО «РМК» уже изготовлено более 20 имплантатов из нитинола. В результате было выполнено несколько успешных операций на животных.

Технология получения имплантатов из нитинола приведена на рис. 7.



Рисунок 7 — Технология получения имплантатов из нитинола

#### *Заключение*

В соответствии с Соглашением о сотрудничестве и совместной деятельности при разработке и формировании научно-промышленного парка на базе ОАО «Электромеханика» совместно с ФГБОУ ВПО «Тверской государственной академии» планируется провести следующие работы:

- ✓ научно-методическое сопровождение процесса создания Научно-промышленного парка «Электромеханика»;
- ✓ разработка совместного механизма взаимодействия, обеспечивающего научно-производственную поддержку и освоение разработок, создаваемых малыми инновационными компаниями;

- ✓ представление Научно-промышленного парка «Электромеханика» в технопарковой среде региона в качестве экспериментальной модели для промышленного комплекса региона;
- ✓ анализ научно-промышленного потенциала Зубцовского и Старицкого регионов и условий их участия в развитии технопарковой среды на межрайонном уровне.

Реализация проекта позволит решить ряд существенных задач социально-экономического развития данного муниципального образования и региона. Формируемый в инновационной среде г. Ржева научно-промышленный парк «Электромеханика» ориентирован на стимулирование и развитие малого инновационного бизнеса в регионе и призван выполнять в дальнейшем функции координирующего центра для инновационного бизнеса.

### **CREATION OF THE SCIENCE AND INDUSTRIAL PARK «ELECTROMECHANICA» AS A MECHANISM OF TVER REGION'S INNOVATIVE DEVELOPMENT**

**A.M. Konstantinov, P.P. Shvayko**

OJSCo «Electromechanica», Rzhev

The present paper deals with some questions of the science and industrial specialization of the firms in the science and industrial park «Electromechanica»: casting of light alloys; growing mono crystals of refractory metals; combined strengthening and application of wear-resistant and thermo protect coatings on the products; application of high-quality coatings by supersonic gas plasma ion plasmous and magnetron sputtering method.

**Keywords:** *science and industrial park, import substitution, science and innovative center, commercialization, intellectual property, supersonic sputtering, strengthening of the coatings, mono crystals.*

*Об авторах:*

КОНСТАНТИНОВ Андрей Викторович – заместитель генерального директора по экономике ОАО «Электромеханика», e-mail: info@el-mech.ru

ШВАЙКО Петр Петрович – член Совета директоров ОАО «Электромеханика», e-mail: info@el-mech.ru