

**Фонд перспективных исследований в системе оборонных  
ИННОВАЦИЙ**

Ilya Klabukov, Ilya Kramnik, Vasily Lebedev

► **To cite this version:**

Ilya Klabukov, Ilya Kramnik, Vasily Lebedev. Фонд перспективных исследований в системе оборонных инноваций. [Research Report] Public Council of the Military-Industrial Commission of Russia. 2013. ⟨hal-01691639⟩

**HAL Id: hal-01691639**

**<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01691639>**

Submitted on 24 Jan 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Общественный Совет  
Председателя ВПК

ДОКЛАД ОБЩЕСТВЕННОГО СОВЕТА  
ПРЕДСЕДАТЕЛЯ ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННОЙ КОМИССИИ  
ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РФ

# Фонд перспективных исследований в системе оборонных инноваций



Авторы доклада:

**И.Д. Клабуков, И.А. Крамник, В.А. Лебедев**

Редактор:

**М.В. Ремизов**

Москва 2013

**Авторский коллектив благодарит за содействие в работе над докладом:**

Аполлонова Виктора Викторовича, заведующего отделом мощных лазеров Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН;

Василова Раифа Гаяновича, президента Общества биотехнологов России им. Ю.А. Овчинникова;

Гареева Тимура Махмутовича, заместителя начальника контрольно-ревизионного управления государственного учреждения Отделение Пенсионного фонда России по г. Москве и Московской области;

Григорьева Андрея Ивановича, генерального директора Фонда перспективных исследований;

Громыко Юрия Вячеславовича, директора Института опережающих исследований им. Евгения Шифферса;

Дедуса Федора Флоренцевича, заместителя директора Федеральной службы по оборонному заказу;

Забродского Андрея Георгиевича, директора Физико-технического института имени А.Ф. Иоффе РАН;

Иванова Владимира Викторовича, начальника научно-организационного управления Российской академии наук;

Костина Александра Николаевича, руководителя службы по связям с общественностью Группы компаний «Промтехнологии»;

Малинецкого Георгия Геннадиевича, заведующего отделом Института прикладной математики имени М.В. Келдыша РАН;

Осипкина Дмитрия Владимировича, советника в ФКП «Алексинский химический комбинат»;

Остапенко Олега Николаевич, заместителя министра обороны Российской Федерации;

Рогозина Алексея Дмитриевича, генерального директора ФКП «Алексинский химический комбинат»;

Рубвальтера Дмитрия Александровича, директора Института инновационной экономики при Финансовом университете;

Табачука Игоря Сергеевича, генерального директора «2Т-Инжиниринг».

## Оглавление

<b>Глава I. Россия в гонке военных технологий.....</b>	<b>4</b>
Технологический барьер: шанс для догоняющих? .....	4
Опережающее развитие: заглянуть за горизонт.....	6
<b>Глава II. Мировой опыт организации передовых оборонных исследований.....</b>	<b>11</b>
США .....	13
Китай .....	20
Индия.....	25
Израиль.....	28
Франция.....	33
Опыт СССР .....	35
Общие характеристики систем, ориентированных на опережающее развитие.....	40
<b>Глава III. Фонд перспективных исследований в структуре внешнего окружения.....</b>	<b>42</b>
<b>Глава IV. Принципы и механизмы работы ФПИ .....</b>	<b>51</b>
Выделенный статус – параллельная система управления.....	51
Интенсивность коммуникаций .....	52
Высококонкурентная среда подготовки исследовательских программ .....	54
Ориентация на вовлечение в межведомственную кооперацию .....	56
Подбор кадров и личная ответственность .....	59
Сопровождение проектов вплоть до принятия на вооружение.....	60
Независимость в принятии решений.....	61
<b>Глава V. Приоритетные направления исследований и разработок.....</b>	<b>65</b>
Исследовательские программы и их типы.....	65
Критерии отбора проектов. Баланс риска и отдачи.....	65
Перечень приоритетных программ .....	67
<b>Заключение.....</b>	<b>84</b>
Приложение 1 .....	87
Приложение 2 .....	91
Приложение 3 .....	96
Приложение 4 .....	105

## I. Россия в гонке военных технологий

Начало 2010-х годов, по мнению многих ученых, – это этап зарождения нового технологического уклада, базирующегося на открытиях в областях биотехнологий, нанотехнологий, новых материалов, информационно-коммуникационных и когнитивных технологий. Преимущество нового уклада по сравнению с предыдущим, по прогнозу, будет состоять в резком снижении энергоёмкости и материалоёмкости производства, в конструировании материалов и организмов с заранее заданными свойствами. В США, странах Европы, Японии, Китае ведутся активные исследования в этих областях. За счет развития комплекса технологий нового уклада каждая из стран рассчитывает вырваться вперед в гонке технологий и первой внедрить их в промышленность и общественные институты, что стало бы залогом экономического лидерства и военного превосходства на протяжении ближайшего полувека.

Очевидно, что Россия серьезно отстала от лидеров развития в сфере современных промышленных технологий. Но в случае технологий нового уклада, которые пока не имеют широкой промышленной реализации, сам факт этого отставания не является фатальным. Естественным выходом для страны является концентрация имеющихся ресурсов на развитии технологий, которые обеспечат ей лидерство послезавтра – в момент, когда новый технологический уклад, контуры которого сегодня лишь нащупываются, станет реальностью.

При этом важно понять: концентрировать усилия на опережающих, т.е. по определению высокорисковых исследованиях, нам сегодня необходимо вовсе не потому, что мы испытываем повышенную склонность к риску. А скорее наоборот – потому что мы должны исключить для себя неприемлемый риск – вероятность резкого, неблагоприятного для России смещения военно-стратегического баланса вследствие выхода на авансцену технологий нового поколения. Мы не должны повторять ошибки пресловутой гонки вооружений периода холодной войны, но избежать участия в уже начавшейся гонке военных технологий мы можем лишь ценой недопустимо высокой вероятности исчезновения с политической карты мира.

Многие из технологий, которые вчера занимали воображение фантастов – высокоточное / селективное медико-биологическое оружие, элементы искусственного интеллекта, создающие новое качество кибертехнологий и управления роботизированными сообществами и т.д. – сегодня должны беспокоить уже государственных деятелей. И особенно в России, стране, которой, с одной стороны, есть, что терять в глобальной борьбе за ресурсы, а с другой стороны – пока не удалось занять надежных позиций на глобальном «технологическом фронте».

### Технологический барьер: шанс для догоняющих?

Скептики скажут: до тревог и забот послезавтрашнего дня нужно еще дожить. И будут правы. Уже сегодня нас изматывают конфликты низкой интенсивности по периметру границ, тревожит военный диспаритет на Дальнем Востоке (где Россия крайне слаба не только в экономическом, но и в военном отношении, что не может не сказываться на ее статусе и переговорной позиции даже в отсутствие прямой военной угрозы). Ответом на эти вызовы может и должно быть развитие традиционных платформ вооружений и производственных технологий. Т.е. – оружие сегодняшнего, а

де-факто – вчерашнего дня, учитывая естественную инерцию в промышленности и сфере оснащения Вооруженных сил.

Для парирования уже заявивших о себе, актуальных, а не гипотетических угроз необходимо комплексное развитие практически всех отраслей оборонной промышленности. Говоря о научно-технических задачах, можно выделить несколько групп наиболее важных военных технологий, развитие которых необходимо поддерживать, расставив их по принципу уменьшения компетенции.

**1. Группы высокой компетенции.** В данных группах Россия обладает практически всем набором необходимых технологий, обеспечивающих самостоятельное развитие отраслей с некритической зависимостью от импорта или отсутствием такой зависимости, а также обладает возможностями для совершенствования и развития своего потенциала: боевая авиационная и ракетная техника и технологии, производство двигателей для боевых самолетов; неавианесущие боевые надводные корабли, подводные лодки; боевые бронированные машины среднего и тяжелого класса; средства ПВО и ПРО всех диапазонов дальности.

**2. Группы недостаточной/частично утраченной компетенции.** В данных группах Россия не обладает достаточным потенциалом для полностью самостоятельного проектирования либо производства техники и важнейших комплектующих, и вынуждена опираться на зарубежных партнеров. Это происходит в тех случаях, когда соответствующие научно-производственные центры остались за рубежом при разделе СССР (прежде всего, на Украине), либо в случаях, когда соответствующие направления были недостаточно развиты исходно. В ряде случаев недостаточность компетенции стала следствием деградации российских производственных объединений и КБ в постсоветское время. Это группы: вертолеты и оборудование для них, производство вертолетных двигателей; военно-транспортные самолеты, коммерческая авиация; автотранспорт, легкие боевые бронированные машины, производство современных дизельных двигателей небольшой и средней мощности, коробок передач; средства связи и управления для сухопутных войск; беспилотные летательные аппараты легкого и среднего класса, беспилотные подводные аппараты, наземные роботы, двигатели и оборудование для них; стрелковое оружие, снаряжение пехотинца, средства индивидуальной защиты; современные системы наземной ствольной артиллерии; авианесущие корабли, корабли управления, универсальные десантные корабли; воздухонезависимые энергетические установки для неатомных подлодок; космические аппараты.

**3. Группы низкой компетенции.** В данных группах Россия либо никогда не обладала высокими компетенциями, либо деградация приобрела системный масштаб, ставящий под вопрос способность самостоятельно развивать соответствующие производства и разработки: электронная компонентная база; оптические системы; турбовинтовые двигатели для вертолетов легкого класса и легких самолетов; композитные материалы; БПЛА тяжелого класса, ударные БПЛА.

Технологическое отставание по группам низкой и недостаточной компетенции не может быть компенсировано простой скупкой готовых технологий и технологических линий «под ключ». Покупать под ключ можно, как правило, только «отвёрточные технологии». Вместе с тем, политика технологических заимствований в указанных отраслях возможна и необходима. Она должна ориентироваться на полноценный трансферт технологии через ее освоение. Трансферт технологии предполагает возможность во взаимодействии с зарубежными технологическими центрами осуществить ее усовершенствование на основе собственных инженеринговых решений. Если такое решение было разработано и осуществлено во взаимодействии

представителей фундаментальной науки, инжиниринговых групп, вузовских центров, то можно сказать, что трансферт технологии произведен, и она включена в российскую технологическую базу. Технология стала своей. Одним из подходов к полноценному трансферту технологий является вхождение в капитал малых и средних инновационных фирм за рубежом, выполняющих НИОКР для крупного бизнеса.

В группах высокой компетенции сегодняшнюю ситуацию можно описать термином «технологический барьер». В него с тем или иным временным разрывом упираются все разработчики и производители оружия из передовых в военно-технологическом отношении стран мира. Рост стоимости военных разработок не гарантирует пропорционального роста возможностей новой техники, имеет место снижение отдачи с каждого вложенного рубля (или доллара). К примеру, стоимость боевых самолетов с каждым следующим поколением растет примерно на порядок. Это приводит к увеличению жизненного цикла техники (1-е поколение боевой авиации пробыло в серии 5-7 лет, второе – 10-15, 3-е – 15-20, самолеты четвертого поколения, созданные 30-40 лет назад, остаются в серии и по сей день) и увеличению роли работ по модернизации имеющейся техники.

Проблема технологического барьера в наибольшей степени актуальна для науки и промышленности США. Но перед тем же барьером стоят ЕС и Япония, к нему приближается и Россия. Однако по многим позициям для нас он еще впереди. В этом заключена ценная возможность – ликвидировать накопившееся за постсоветские годы отставание от лидера без перенапряжения и нервов. Нужно лишь правильно выбрать ключевые направления, распределить ресурсы и использовать так называемые «преимущества отсталости»: возможность осуществлять выборочные технологические заимствования и «срезать углы» - т.е. не механически повторять траекторию первопроходцев, а более экономичным путем выходить на те же целевые ориентиры.

Иными словами, догоняющая модернизация в рамках традиционных технологий и платформ вооружений сегодня возможна и необходима. Однако нужно отчетливо понимать: она обслуживает потребности сегодняшнего дня и не может быть главной ставкой в вопросах развития. Стремление повторить успех сегодняшних лидеров в развитии уже отработанных промышленных технологий отберет гораздо больше сил и ресурсов, чем борьба за лидерство в технологиях нового уклада.

### **Опережающее развитие: заглянуть за горизонт**

Перспективные технологии и «точки прорыва» сосредоточены в пяти основных сферах применения: технологии человека, сетевые технологии, робототехника, транспорт, энергетика.

В последних трех позициях важна российская специфика: как самая большая и малоосвоенная страна, Россия нуждается в эффективных технологиях «сокращения расстояний»; как страна с громоздкими и централизованными энергетическими системами, крайне уязвимыми в условиях современных войн, Россия нуждается в развитии автономной энергетике; наконец, как страна относительно малонаселенная, страна с очень протяженной и беспокойной южной границей, Россия нуждается в максимально возможной автоматизации и роботизации, как в промышленности, так и в военном строительстве.

Приведем несколько примеров перспективных направлений научно-технического поиска, по некоторым из которых уже в обозримое время могут быть достигнуты практически результаты.

1. **«Технологии человека»** - создание передовых биомедицинских технологий, способных предотвратить смерть человека в результате ранений, заболеваний или инфекций – от диагностики до восстановления или даже полного воссоздания тканей и органов тела.

Научные области: регенеративная медицина, клеточные технологии, генетика, вирусология, синтетическая биология, морская биология, пилотируемая космонавтика и космические исследования.

Перспективные направления разработок:

- *Управление геномом* - создание технологий управления способностью человека к выживанию в экстремальных условиях за счет активации существующих механизмов регуляции в собственном геноме.
- *Искусственная кровь* - создание технологии промышленного производства безопасной и нетоксичной искусственной крови, идентичной донорской, за счет управляемой дифференцировки стволовых клеток человека.
- *Биоинженерия органов* - создание технологий выращивания органов и тканей из собственных клеток человека методом воссоздания натурального органа, когда существующие биомедицинские технологии уже бессильны: в случаях потери жизненно важных органов в результате ранений, инфекций или развития злокачественных новообразований.

2. **«Технологии робототехники»** – создание техники, способной к выполнению широкого спектра механических операций, наблюдения и доставки полезной нагрузки в любую точку на Земле, включая миниатюрные манипуляции, высотные перемещения и подводные операции.

Научные области: аэромеханика, адаптивные системы управления, распознавание образов, спецхимия, материаловедение (сверхпрочные материалы, управление формой и механическими напряжениями), радиоэлектроника (миниатюризация, компонентная база), фотоэнергетика, источники питания, космическое приборостроение; инерциальная навигация.

Перспективные направления разработок:

- *Глубоководный автономный робот* - создание глубоководного автономного робота со сверхдлительным временем активного функционирования для обслуживания кабелей и обследования дна океана, с возможностью передачи данных по команде с использованием высокоскоростной акустической системы дальней связи.
- *Экзоскелет/силовой доспех* – создание экзоскелета, усиливающего мышечную силу человека, и облегчающего проведение тяжелых работ – разгрузочно-погрузочных, ремонтных. В перспективе – создание автономного силового доспеха, обеспечивающего резкий рост боевой нагрузки бойца и повышение его защищенности

– *Транспортный робот-мультикоптер* – транспортное средство вертолетной схемы, способное к автономному полету в сложных погодных условиях или боевой обстановке, включая выполнение операций на малых высотах

– *Высотный БПЛА* – создание высотного беспилотного комплекса разведки и целеуказания сверхдлительного времени барражирования (до 1 года), использующего для распознавания цели ее гиперспектральный портрет.

3. «Сетевые технологии» – оперирование совокупностью объектов, средств и систем как единым управляемым пространством, в частности, сведение информации (технологии C4ISR+), развитие технических средств связи, разведки и обработки информации, а также средства научно-технической разведки, социокультурного анализа и интернет-технологий.

Научные области: волновая электроника, информационные технологии, математика и алгоритмы, визуализация данных; связь; кибертехнологии и защита информации; машинные средства перевода.

Перспективные направления разработок:

– *Нейрогибридный чип распознавания образов* – создание нейрочипа на основе культуры нервных клеток эмбрионов животного для систем обработки данных с большого количества датчиков и камер, способного к самообучению и расширению вычислительной мощности.

– *Интегрированные сетевые технологии и разумные сети управления робототехническими средствами* – создание технологий оперирования совокупностью объектов, средств и систем, как единым управляемым пространством, в частности сведением информации (технологии C4ISR+), развитием технических средств связи, тактической разведки и обработки информации, а также методов сведения результатов разнородных средств мониторинга и наблюдения, прогнозов и моделирования.

4. «Энергетика» – обеспечение автономности существующей и перспективной техники, повышение КПД энергетических установок, накопление энергии.

Научные области: интеллектуальная энергетика; водородная энергетика; микроисточники питания; аккумуляторные технологии; технологии электрогенераторов; лазерные технологии.

Перспективные направления разработок:

– *Беспроводная передача электричества* – создание технологий передачи электрической энергии без использования токопроводящих элементов в электрической цепи. Повышает автономность существующей техники и инфраструктуры.

– *Ионисторы и редокс-аккумуляторы* – разработка и внедрение технологий, позволяющих обеспечить высокую скорость зарядки приборов и технических устройств.

– *Энергетические установки на биотпливе и «попутном тепле»* – разработка и внедрение систем, максимально использующих энергию органических

отходов и возобновляемых ресурсов (растений), а также попутное тепло действующих промышленных и энергетических систем.

5. «Транспорт» - создание технологий, позволяющих человеку и средствам поражения перемещаться в пространстве посредством еще более быстрых воздушных перелетов, массовых космических полетов, а также максимально безопасных и автономных передвижений по земле.

Научные области: адаптивные производства; автоматический транспорт; высокоэнергетичные топлива; электроприводы; транспорт на альтернативных видах топлива; технологии гибкого крыла; интеллектуальные авиаконструкционные материалы.

Перспективные направления разработок:

- *Гиперзвуковые летательные аппараты* – создание летательного аппарата, способного осуществлять полет в атмосфере с гиперзвуковой скоростью и на большие расстояния.

- *Электромагнитная катапульта* – создание установки, альтернативной реактивному двигателю, для ускорения объектов с помощью электромагнитных сил.

- *Космоплан* – создание многоразового космического аппарата воздушного старта, создание связки «сверхтяжелый транспортный самолет – космический челнок», обеспечивающей снижение стоимости запуска как по сравнению с традиционными одноразовыми носителями, так и с классическими челноками типа «Спейс Шаттл» и «Буран».

Подробнее некоторые из перечисленных направлений рассмотрены в 5 главе доклада, а также в приложениях к докладу.

Отдельной задачей для опережающих исследований в оборонной сфере представляется проработка тактики использования новых технологий военного применения и комплексирование отдельных разработок и программ применительно к практическим задачам Вооруженных сил.

Примерами направлений таких комплексных разработок могут стать:

- Интегрированные общевидовые и межвидовые разведывательно-информационные системы. Получение и обработка разведанных в реальном масштабе времени
- Высокоточные интегрированные автономно-спутниковые навигационные системы. Комплексирование инерциальных навигационных систем со средствами спутниковой навигации и локальными навигационными системами
- Распределенное сетевое управление. Интеграция интеллектуальных объектов (сети датчиков, исполнительных узлов и штабов) в едином информационном пространстве
- Технологии ведения боевых действий в сфере сетевой инфраструктуры, радиоэлектронных средств и среды распространения электромагнитных

излучений, используемые для передачи информации, управления оружием, а также воздействия на объекты противника

- Энергоинформационное воздействие во всех сферах (космос, воздух, суша, море, подводное и подземное пространство) и на любой дальности. Мобильные, в том числе безэкипажные, технические системы обеспечения маневренности и доставки поражающего фактора к цели
- Активные способы противодействия поражающим факторам. Повышение мобильности ВВСТ и применение интеллектуальных (умных, адаптивных) систем защиты.
- Системы и средства индивидуальной и коллективной защиты личного состава. Многофункциональная сверхлегкая и эргономичная экипировка. Повышение автономности действий.
- Передовые технологии экстренного спасения жизней. Создание стационарных и мобильных технологических комплексов регенеративной трансплантологии человека.

Достижения высоких научных результатов в критических технологиях позволят обеспечить прорыв на совершенно новый технологический уровень. Усилия вне критических технологий подчас очень важны с точки зрения поддержания промышленных и технологических компетенций, решения вопросов безопасности здесь и сейчас. Но они могут дать лишь временный эффект, не имеющий решающего значения в будущем. Именно этим отличаются программы оборонных исследований ведущих стран, с одной стороны, и стран второго и третьего мира – с другой. В то время как вторые совершенствуют традиционные платформы вооружений и безопасности, первые все более сосредоточены на прорывных критических технологиях обеспечения безопасности.

В том случае, если Россия упустит время, последствия могут оказаться тяжелыми: отставание в этих отраслях придется наверстывать десятилетиями, при этом качественные изменения могут обеспечить противнику подавляющее превосходство в боеспособности и как следствие, подорвать возможности Вооруженных сил России по защите суверенитета и целостности страны, жизни и свободы ее граждан.



I



II



III



IV



V

## II. Мировой опыт организации передовых оборонных исследований

В мире не так много стран, которые имеют потребности и возможности по созданию передовых технологий завтрашнего дня для применения к задачам национальной обороны, вместо использования имеющихся на рынке решений и образцов. И только некоторые из них создали государственные организации, которые можно назвать успешными в достижении целей. Роль таких государственных институтов заказа и управления научными исследованиями – не только создавать новые технологии, но и гарантировать положение страны на границах передовых оборонных исследований.

В настоящее время только одна страна имеет ресурсы и возможности, позволяющие ей далеко оторваться от всего мира по большинству направлений научно-технического прогресса – США. Главный участник гонки за лидером – Китай, который копирует одновременно систему СССР и США и располагает большими ресурсами и политической волей для заимствования передовых технологий и создания разнообразных «островков творчества» на своей территории. КНР, как и США, имеет возможность «наступать широким фронтом», выстраивать систему исследований и разработок максимально комплексно. В третьем эшелоне – страны, которые добились определенных успехов в борьбе за технологическое превосходство, создали ориентированные под свои национальные особенности структуры развития и имеют возможность выйти в лидеры по отдельным технологиям и даже отраслям. Во многом – именно из-за понимания своих преимуществ, ориентации на самостоятельное развитие, своевременного отказа от копирования зарубежных моделей организации. Примерами таких стран являются Израиль, Индия, Франция, Южная Корея, Тайвань, Австралия и некоторые другие.

В представленном докладе проанализирован тот опыт, который может быть полезен и поучителен для России – выстраивание независимой научно-технической политики в условиях политического давления (Израиль), сравнение с близким аналогом по принципам построения научно-технической инфраструктуры (Франция), следование по пути заимствования и адаптации технологий (Индия), целевого результата (США) и нарастающей специализации, когда из единой оборонной мега-структуры выделяются отдельные функции (Китай).

№	Страна, организация	Связь с индустрией и Вооруженными силами	Взгляд в будущее
1	США, DARPA	Непосредственная работа с Минобороны и видами ВС. Плотные коммуникации с промышленностью.	Создание передовых технологий в большом спектре прикладных областей, зачастую опережающих время, либо начинающих новые отрасли.
2	Китай, SASTIND	Сильная связь с промышленностью.	Воспроизведение и внедрение передовых зарубежных технологий.
3	Индия, DRDO	Слабая интеграция с промышленностью. Заново восстановленная связь с ВС.	Воспроизведение существующих зарубежных технологий.
4	Израиль, MAFAT	Глубокая интеграция с	Создание прикладных

		промышленными компаниями. Координация с ЦАХАЛ.	технологий решения актуальных практических задач.
5	Франция, DGA	Интеграция с ОПК Франции и Европейского союза. Управление разработками и поставками для ВС.	Создание передовых технологий, значительно превышающих мировой уровень в отдельных направлениях.

Несмотря на различные подходы к организации национальной науки, отличия в политических системах и традициях Вооруженных сил, все организации перспективных исследований, как военные, так и гражданские, объединяет несколько ключевых принципов:

- Плюрализм в формах организации и поддержки научных исследований – государственные фонды, агентства, огромное число проектов и инициатив – делают возможным передовое развитие одновременно по широкому спектру направлений науки и техники. Поддержка перспективным проектам может быть оказана с самых разных, порой даже неожиданных сторон.
- Реализация политики привлечения в страну лучших умов для обучения и проведения исследований в национальных университетах, работы в корпорациях.
- Наличие мощной индустриальной базы, позволяющей реализовать «в металле» любые достаточно точно сформулированные идеи. В этой области присутствуют как сложившиеся крупные компании оборонно-промышленного комплекса, так и новое поколение компаний.



## США

DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) – Агентство передовых оборонных исследовательских проектов в структуре Министерства обороны США, целью которого является сохранение технологического превосходства вооруженных сил США, предотвращение внезапного для США появления новых технических средств вооруженной борьбы, поддержка прорывных исследований, преодоление разрыва между фундаментальными исследованиями и их внедрением в военной сфере.

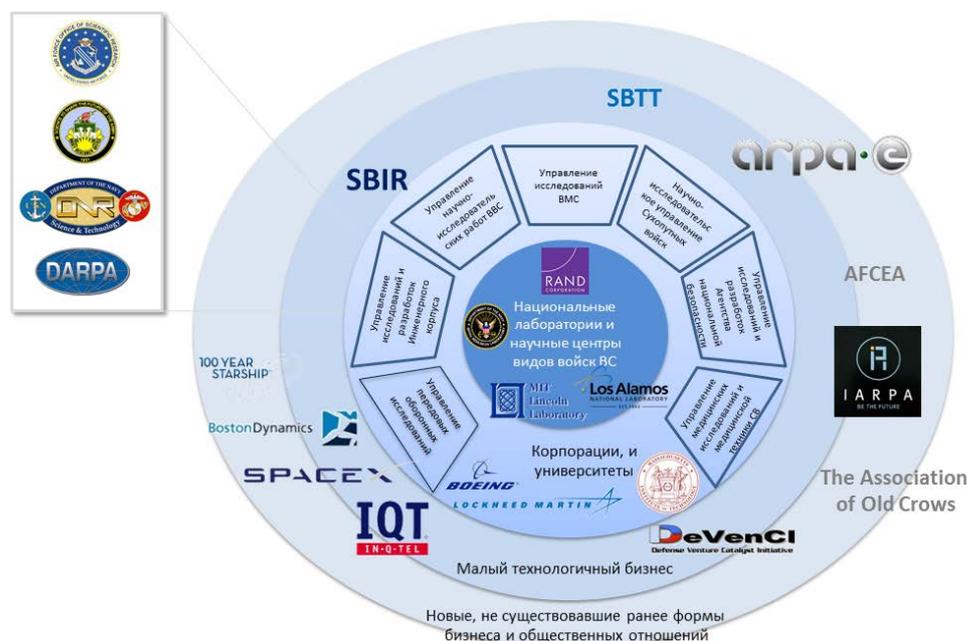


Рис. 1. DARPA в национальной системе оборонных исследований США

Существование DARPA в развитой системе поддержки оборонных НИОКР может показаться избыточным – военные ведомства (Армия, ВМС и ВВС) имеют в своем подчинении собственные научно-исследовательские подразделения, деятельность которых направлена на решение текущих технологических задач этих ведомств, существуют специализированные лаборатории оборонных исследований. Однако DARPA было создано именно для того, чтобы устранить узкие места ведомственных НИОКР, оказать финансовую поддержку тем проектам, которые не могут быть поддержаны и профинансированы в рамках исследовательских программ других военных ведомств.

Подход DARPA к НИОКР отличается большей гибкостью и свободой, позволяет расширить возможности НИОКР, отойти от существующей системы требований и регламентов, связывающей другие ведомства Министерства обороны США.

Основная задача DARPA – приведение в соответствие военных задач и технологических возможностей, включая новые боевые концепции, которые открываются с помощью этих технологий. Сложность такого подхода состоит в том что, во-первых, некоторые военные задачи не имеют простого и очевидного технического решения, а во-вторых, многие возникающие технологии могут иметь значение для Вооруженных сил только в долгосрочной перспективе. При этом риск недостижения заявленных показателей может быть достаточно высоким. Большинство технологических новшеств, сформировавших облик современных вооруженных сил США, были разработаны и внедрены при непосредственной поддержке DARPA. К ним относятся: технология «стелс», различное высокоточное оружие, новейшие средства разведки и наблюдения.

К сфере ответственности DARPA относятся те исследования, которые не находят поддержки у подразделений НИОКР вооруженных сил:

- комплексные исследования (межведомственные и междисциплинарные), лежащие на стыке сфер ответственности ведомственных программ НИОКР;
- исследования, сопряженные с высоким риском;
- опережающие исследования (разработка проблем, решения которых могут актуализироваться в будущем, а результаты уже сегодня привести к постановке новых задач).

Хотя деятельность Агентства концентрируется преимущественно на военной проблематике, заметная часть его программ посвящена разработке технологий, имеющих двойное назначение. Интернет, производство полупроводников и интегральных схем - в основе всех этих направлений, широко использующихся в настоящее время гражданским сектором, лежат разработки, осуществленные при непосредственном участии DARPA.

Масштабы деятельности DARPA по уровню финансирования небольшие. В 2010 г. бюджет Агентства - около \$3 млрд. - составил приблизительно 0,7% оборонных расходов США и не более 1% общих расходов на исследования и разработки. Однако влияние этой организации на развитие как военных технологий США, так и технологий двойного назначения, сложно переоценить.

Административные расходы DARPA в 2010 году составили \$57 млн., что составляет около 1,5% от общего бюджета Управления. Остальные \$2,75 млрд. были размещены на конкурсной основе по 1898 контрактам-победителям по 120 программам. Минимальная цена контракта составила \$220 долл. (Schafer Corporation), максимальная – \$69,9 млн. (Lockheed Martin). Каждая работа по каждой программе оформляется в виде отдельного контракта. Например, в 2010 году по 18 контрактам исполнителем стал Boeing, по 33 - Lockheed Martin, по 70 - Schafer Corporation, по 25 – Raytheon.



Рис 2. Организационная структура DARPA

В штате сотрудников DARPA – 257 человек, из которых 87 – менеджеры программ. Заработная плата менеджера программы составляет около 130 тыс. долл. в год (до вычета налогов). При этом зарплата сотрудников DARPA примерно в 1,5 раза превышает средний уровень зарплат в Национальных лабораториях и управлениях Минобороны. Срок контракта менеджера программ – 3-5 лет, что позволяет постоянно привлекать свежую кровь. Поскольку DARPA привлекает около 20 человек в год, через каждые 7 лет коллектив меняется практически полностью.

Стоит отметить большую самостоятельность менеджера программы в DARPA, который в рамках своих компетенций самостоятельно принимает решения:

- о допуске к участию в программе правительственных организаций, государственных исследовательских центров, финансируемых в рамках программ Министерства обороны США;
- о продлении сроков проведения конкурса (если необходимо время для тщательной подготовки заявки и формирования команды);
- о цене контракта и организации сбора предложений от участников конкурса;
- по согласованию с победителем конкурса принимает решения о форме договора – государственный контракт, грант (субсидия), соглашение о софинансировании НИОКР, или иная форма в зависимости от характера работы. Это позволяет заключать сложные с юридической точки зрения договоры, предусматривающие участие в выполнении работ консорциумов, творческих коллективов и партнерств;
- на основании представленных документов формировать политику в области интеллектуальной собственности по контракту – от условий неограниченных прав правительства на результат до полного отказа от прав на интеллектуальную

собственность, полученную в рамках проекта (в соответствии с разделом 845 Закона о национальной обороне – section 845 the National Defense Authorization Act).

За свою историю DARPA не менее 5 раз кардинально меняло концепцию работы, приводя ее в соответствие с новыми реалиями. С момента создания в 1958 году главной задачей было обеспечение приоритета в прорывных научно-технических решениях и фундаментальных исследованиях. С 1970-х гг. Агентство ориентируется на оборонные исследования, имеющие непосредственное прикладное военное применение, затем – ставит задачу системного планирования и внедрения прикладных разработок в военное ведомство. В 1980-х приоритеты научно-технической политики сдвигаются в сторону повышения конкурентоспособности американской промышленности. С начала 1990-х на переднем плане – закрепление приоритета американской экономики и ориентация на создание глобальных технологий вооруженной борьбы. Теракты 11 сентября во многом поменяли видение предмета исследовательской деятельности DARPA – переориентировав миссию на решение тактических задач вооруженных сил, развитие систем высокоточного оружия, информационной безопасности и т.д.

Считается, что DARPA привлекает исключительно университеты и малые корпорации. Это не совсем так и справедливо только для небольших проектов – до 1 млн. долларов. На крупные проекты привлекаются R&D подразделения крупных корпораций, таких как Boeing, Lockheed Martin, BAE Systems и т.д. с вузами и малыми фирмами в качестве подрядчиков. При этом проект получает технологии и мозги крупных корпораций, а корпорации – часть интеллектуальной собственности и зафиксированную в контракте норму прибыли от реализации исследовательского проекта.

Непосредственным процедурам контрактации НИОКР предшествует разработка программы исследований. По результатам взаимодействия с руководителем департамента, промышленными предприятиями, исследовательскими лабораториями и университетами, консультаций с представителями индустрии, ознакомления с существующими технологиями и достижениями в данной области – менеджер программ объявляет процедуру запросов о представлении предложений по утвержденной проблеме (requests for competitive proposals - RFP).

После окончания сбора предложений, менеджер программы формирует техническое задание на НИОКР (Broad Agency Announcement – ВАА). При этом контракты заключаются преимущественно с негосударственными организациями – как правило, ими выступают крупные корпорации, университеты, инновационные предприятия и исследовательские группы. Менеджер программы, как правило, формирует и организует работу сразу по нескольким проектам в рамках своей программы. В отличие от проблематики программы в целом, условия конкретного технического задания (ВАА) являются закрытыми до момента объявления конкурса и не подлежат разглашению со стороны менеджера программы. Процедура оценки заявок может занимать до 3-4 месяцев, после чего проводятся переговоры с победителем или несколькими победителями по вопросу условий договоров, длительностью до 2х месяцев. При этом большинство контрактов по проектам заключается на срок 1-3 года.

В области инфраструктуры внешнего окружения DARPA стоит выделить сформировавшийся в 1991-2012 гг. так называемый «новый» оборонно-промышленный комплекс США, который отличается от сложившейся ранее структуры

промышленности, сервисных и аналитических компаний, он отличается значительно более широким охватом в частном бизнесе, сложной системой коммуникаций, не всегда формализованных и что немаловажно – характеризуется сращиванием с подразделениями вооруженных сил в элементы национальной суперсистемы оборонных исследований.

*Основные элементы инфраструктуры современного оборонно-промышленного комплекса США*

<b>№</b>	<b>Категория</b>	<b>Компании и организации</b>
1	Сложившиеся крупные компании ОПК	<i>Lockheed Martin, BAE Systems, Boeing, Northrop Grumman, General Dynamics, Raytheon Company, L-3 Communications, United Technologies, SAIC, ITT, Honeywell, KBR, Booz Allen Hamilton, CSC, GE Aviation, URS и др.</i>
2	Новое поколение компаний ОПК	<i>Boston Dynamics, United Defense Industries, Southwest Marine Holdings, DHS Technologies, Combined Systems Inc., Hunter Defense Technologies, ILC Industries, McNeil Technologies и др.</i>
3	Консалтинговые компании (аэрокосмическая и оборонная практика)	<i>Deloitte, McKinsey, Jefferies и др.</i>
4	Венчурные компании ОПК	<i>OnPoint Technologies, Veritas Capital Management, Arlington Capital Partners, Behrman Capital, Carlyle Group, DC Capital Partners, Paladin Capital Group, In-Q-Tel</i>
5	Частные военные компании - охранные услуги  - кадры и обучение  -разминирование - обеспечение - авиаразведка	<i>Custer Battles, Blackwater Security Consulting, Erinys Iraq Limited, Hart Group, Triple Canopy, Kroll, Titan Corporation; DynCorp, Military Professional Resources, Vinnell Corporation, CACI; RONCO, MAG, BACTEC, Armor Group, Minetech, EODT; Group 4 Falck, KBR; AirScans Inc., Eagle Aviation Services &amp; Technology.</i>
6	Подрядчики разведывательного сообщества	<i>Science Applications International Corp., Booz Allen Hamilton, Lockheed Martin, Computer Services Corp., SAI, Booz Allen Hamilton, CACI International, DRS Technologies и Mantech International.</i>
7	Логистика и транспорт	<i>U.S. Transportation Command, USTRANSCOM и программа Civil Reserve Air Fleet (CRAF) – фрахт коммерческих воздушных транспортов для нужд Вооруженных сил США.</i>
8	Национальные лаборатории	<i>Naval Research Laboratory (NRL), Sandia National Laboratories, Lawrence Livermore National Laboratory, Los Alamos National Laboratory, Ames Laboratory, Argonne National Laboratory, Brookhaven National Laboratory, Fermi National Accelerator Laboratory, Idaho National Laboratory, Lawrence Berkeley National Laboratory, National Energy Technology Laboratory, National Renewable Energy Laboratory, New Brunswick Laboratory, Oak Ridge Institute for Science and Education, Oak Ridge National Laboratory, Pacific Northwest National Laboratory, Princeton Plasma Physics Laboratory, Radiological and Environmental Sciences Laboratory, Savannah River Ecology Laboratory, Savannah River National Laboratory, SLAC National</i>

		<i>Accelerator Laboratory, Thomas Jefferson National Accelerator Facility,</i>
9	<i>Заказывающие управления</i>	<i>Air Force Office of Scientific Research - AFOSR, Office of Naval Research - ONR, Army Research Office - ARO, Defense Advanced Research Projects Agency - DARPA, Army Corps of Engineers Research and Development Directorate - USACE R&amp;D, National Security Agency/Central Security Service Research Directorate (NSA/CSS - Research)</i>
10	<i>Программы и проекты сотрудничества с университетами</i>	<i>MIT Lincoln Laboratory, US Army Medical Research &amp; Materiel Command, DoD Small Business Innovative Research (SBIR), Small Business Technology Transfer.</i>
11	<i>Общественные объединения в поддержку оборонно-промышленного комплекса</i>	<i>AFCEA – «Международная коммуникационная и электронная ассоциация вооруженных сил США. The Association of Old Crows (AOC) — международная некоммерческая организация исследований и развития технологий радиоэлектронной борьбы. и др.</i>
12	<i>Формы коммуникаций с ОПК и бизнесом в аэрокосмической и оборонной отраслях</i>	<i>DEVENCI, Defense Science Board, JASON's, опыт создания комитетов, советов, а также неформальных объединений по проблемам военной науки и промышленности.</i>

#### **Выводы:**

- Эволюция системы оборонных исследований в DARPA происходила по пути расширения круга потенциальных исполнителей, вовлечения все более широких слоев исследователей и изобретателей (например, программа Unconventional Warfighters) – от научного центра до широкой кооперации корпораций и университетов.
- Высокая «коммуникабельность» официальной структуры и менеджеров программ позволяет уже на этапе обсуждения целей и технического задания будущей программы прислушиваться к мнению каждого исследователя, имеющего свой опыт или мнение в данной области. Причем как в рамках публичных (проблемно-ориентированные конференции – proposal days, industry days), так и частных коммуникаций.
- Свобода в формах и условиях контрактов, которая отчасти является преимуществом Федеральной контрактной системы, а отчасти – привилегией DARPA, позволила создавать лучшие условия для привлечения к оборонным проектам небольших компаний, в том числе, из зарубежных стран (включая Россию), в качестве соисполнителей.
- Формализация требований к менеджерам программ и создание им привилегированных по условиям работы, престижу и заработной плате условий, позволяет привлекать на работу лучших представителей науки и индустрии. В то же время, ограничение срока контракта сроком в 3-5 лет позволяет постоянно вливать «свежую кровь» из науки, промышленности и Вооруженных сил, очень хорошо понимающих актуальные проблемы повестки дня.

- Наличие широкой и восприимчивой к новым идеям научно-технической базы, научных сообществ, разнообразного внешнего окружения – определяет ключевые преимущества для успеха в области создания передовых оборонных технологий и технологического превосходства.
- В то же время, «узкие места» деятельности DARPA вытекают из ее достоинств – гибкости и свободы от излишней регламентации. К таким «узким местам» можно отнести: быструю сменяемость руководителей программ; децентрализованность программного планирования; оторванность долгосрочных целей (стратегий) от текущих потребностей Министерства обороны и национальной разведки.



I



II



III



IV



V



中华人民共和国工业和信息化部

Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China

## Китай

Государственное управление по оборонной науке, технологиям и промышленности (ГУОНТИ, SASTIND, 国家国防科技工业局) - ведомство Государственного совета КНР в составе Министерства промышленности и информатизации. Управление было создано в рамках реформирования Государственного комитета по оборонной науке, технике и промышленности (COSTIND, 国防科技工业委员会) в 2008 году.

Структура управления не раскрывается, но как полагают, под его началом находятся: Агентство по атомной энергии Китая (САЕА), Национальное космическое управление Китая (СНСК), 7 университетов (включая Пекинский технологический институт), более 10 промышленных производственных предприятий в области авиационных и аэрокосмических технологий, судостроения, электроники и ядерных технологий, 2 экспортно-импортных корпорации для организации военно-технического сотрудничества, а также иные структуры.

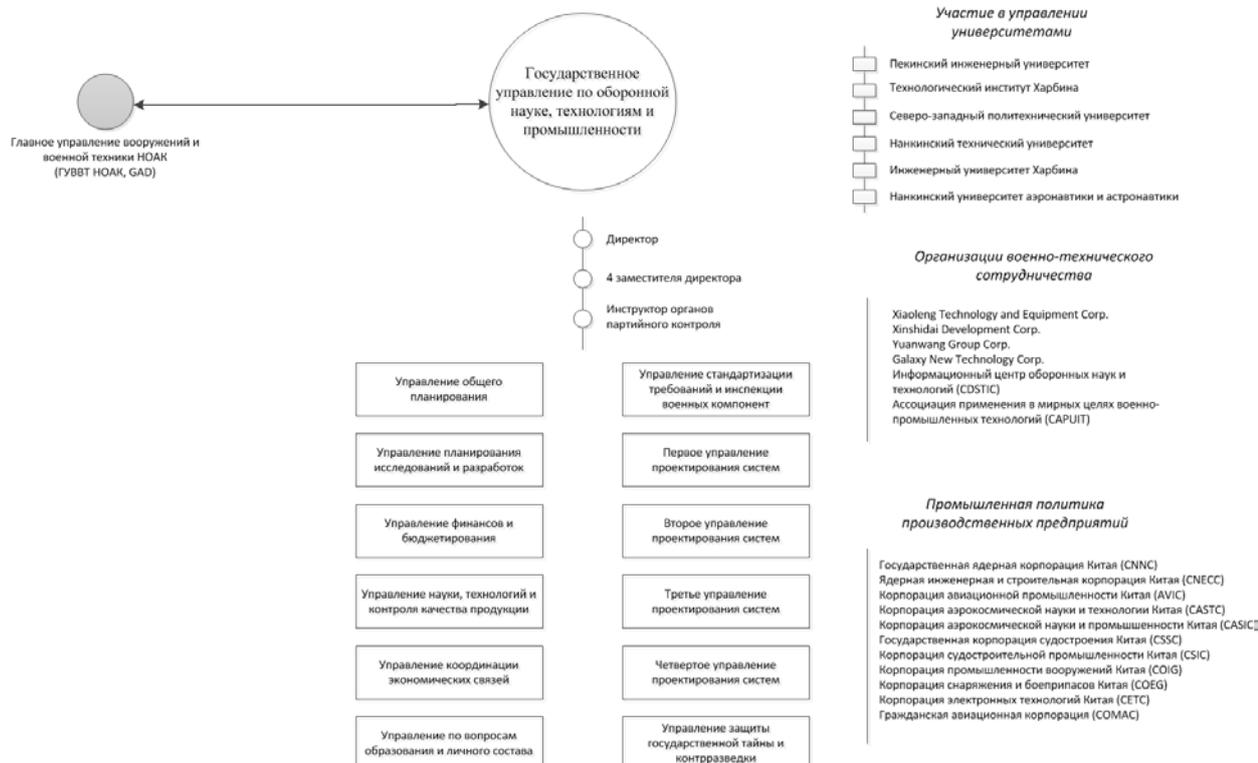


Рис 3. Организационная структура Государственного управления по оборонной науке, технологиям и промышленности КНР

Основные задачи Управления включают разработку руководящих принципов, политики, законов и правил, касающихся науки, технологии и промышленности для задач национальной обороны. В задачи также включены исследования перспективных

систем вооружений, научные разработки двойного назначения, управление экспортом вооружений. Университеты исследования оборонных технологий отчитываться непосредственно перед ГУОНТП. В отношении внутреннего контроля и экспорта ядерных материалов ГУОНТП тесно сотрудничает с Министерством коммерции КНР и Агентством по атомной энергии Китая.

В 1970-1980-х гг. китайская оборонная промышленность представляла собой жестко централизованную отраслевую систему, обладающую избыточными производственными мощностями и изолированную от гражданского сектора экономики режимом секретности. Для нее были характерны слабые горизонтальные связи системы НИОКР с производственным сектором. Не было и необходимого взаимодействия между отраслями военного производства, что в итоге вело к застойным явлениям и невысокому качеству выпускаемой продукции.

Руководство КНР, понимая, что без решения неотложных экономических, структурных и организационных проблем, накопившихся в китайской оборонной промышленности, сокращение имеющегося технологического отставания невозможно, приняло новый принципиальный курс в развитии военной экономики. Он был нацелен на повышение эффективности военного производства и постепенный переход от командной системы управления к системе, сочетающей план и рынок. Кроме того, важной целью реформы являлась интеграция военной и гражданской составляющих ОПК.

Первую подобную попытку предприняли еще в 1982 г., когда был выдвинут программный лозунг о достижении интеграции военных и гражданских отраслей китайской экономики при приоритетном развитии оборонного комплекса. В этом же году был создан Комитет по оборонной науке, технике и промышленности (КОНТОП, COSTIND) как организация в подчинении Центрального Военного совета и Государственного совета КНР для осуществления надзора за проведением НИОКР и закупок военной техники для НОАК.

С момента создания в 1982 году организация пережила ряд изменений, каждое из которых имело своей целью укрепить оборонные исследования и производственные возможности в интересах отраслей промышленности, с целью всё большей интеграции в соответствии с рыночной политикой государства.

В 1998 году было принято решение вынести функции поставок новой техники для Народно-освободительной армии Китая (НОАК) в отдельную структуру, передав управление Комитетом исключительно Государственному совету КНР. Таким образом, организация, переименованная в Государственный комитет по оборонной науке, технике и промышленности (ГК ОНТП, *new* COSTIND), руководила исключительно оборонными предприятиями, и более не оказывала влияния на решения по поставкам вооружений. С этого времени ГК ОНТП входил в состав Государственного совета КНР и отвечал за китайскую оборонную науку, технику и промышленность и за разработку курса, политики, законодательства, норм и правил развития оборонной науки, техники и промышленности. ГК ОНТП осуществлял отраслевое управление атомной, космической, авиационной, судостроительной промышленностью и промышленностью по производству конвенционного оружия. ГК ОНТП также проводил международное сотрудничество в области оборонной промышленности и представляет правительство КНР в международных организациях, в том числе в МАГАТЭ и в Комитете по

использованию космического пространства в мирных целях при ООН. ГК ОНТП также осуществлял контроль за экспортом продукции военного назначения.

Одновременно в структуре НОАК в 1998 году было создано Главное управление вооружений и военной техники НОАК (ГУВВТ НОАК, GAD) для централизации системы военных поставок. ГУВВТ НОАК приняло на себя функции старого КОНТОП по закупкам ВВТ, а также ряд функций Генерального штаба и Главного управления тыла, связанных с закупками ВВТ. Таким образом, ГУВВТ НОАК стал ответственным за управление жизненным циклом систем вооружения для НОАК - от стадии НИОКР до момента снятия с вооружения. В соответствии с новой системой, ГК ОНТП руководил научно-технической политикой оборонных предприятий, а ГУВВТ НОАК представлял интересы НОАК.

По мнению экспертов RAND Corp., если до реформы КОНТОП отвечал и за определение потребностей армии в вооружении и военной технике (ВВТ), являлся государственным заказчиком по принятым программам, и в то же время контролировал реализацию данных планов, то теперь приоритеты в области создания ВВТ определяет ГУВВТ НОАК, а за новым ГК ОНТП сохранились только функции управления и контроля деятельности промышленных предприятий, которые заключают контракты с ГУВВТ НОАК на создание новой продукции. Официальные представители ГУВВТ отмечали, что и их Управление и ГК ОНТП будут вовлечены в военные НИОКР, промышленные предприятия под управлением ГК ОНТП будут, как и раньше вести НИОКР и для коммерческого рынка и для нужд армии. Отмечалось, что работы для НОАК смогут проводиться на коммерческой основе, и ГУВВТ НОАК будет помогать гражданской отрасли в тех случаях, когда необходимо получить доступ к зарубежным технологиям и оборудованию, которые не могут быть созданы ни военной, ни гражданской национальными отраслями.

Одновременно концепции развития национальных космических средств Китая синхронизированы с программами модернизации национальных вооруженных сил. Выдвинутая Цзян Цзэмином в 2001 г. стратегия развития оборонного потенциала и модернизации вооруженных сил Китая до середины XXI в., предусматривает качественные изменения в китайском военном позиционировании в мире и включает три этапа: "на первом этапе (до 2000 г.) создание основ преобразований, на втором (2000-2020 гг.) вооруженные силы Китая должны стать сильнейшими в Азии, на третьем (2020-2049 гг.) предполагается завершить модернизацию и достичь передового уровня вооруженных сил развитых стран", обеспечив возможность выигрывать "информационные войны". В этих планах военное руководство КНР отводит космическому сегменту значительную роль: "Не обеспечив контроля над космическим пространством, хотя бы локального, совершенно нереально завоевать или удержать преимущество в воздухе или на море, без чего, в свою очередь, весьма проблематично выиграть саму войну". В качестве примера можно назвать начатую в 2000 г. 126-ю Программу, основной целью которой является развитие, "в основном, собственными силами военных", шести важнейших технологических проектов, в том числе, и аэрокосмических технологий).<sup>1</sup>

В марте 2008 года Государственный комитет по оборонной науке, технике и промышленности был распущен и на его базе создано Государственное управление

<sup>1</sup> Прокопенкова И.О., Ракетно-космическая промышленность Китая

оборонной науки, техники и промышленности (ГУОНТП, SASTIND), подчиненное вновь учрежденному Министерству промышленности и информатизации.

В соответствии со своей новой структурой, ГУОНТП ориентирована на промышленную политику и разработку нормативных аспектов организации работы оборонно-промышленного комплекса, в то время как ГУВВТ НОАК консолидирует управление исследованиями и разработками в вооруженных силах.

В то время как роль ГУОНТП в оборонной промышленности снижается по сравнению с ролью КОНТОП, Управление явно продолжает принимать активное участие в руководстве развитием китайской оборонной промышленности, в том числе в части электронной промышленности. Одновременно растет роль ГУОНТП в интеграции структур ОПК с гражданскими научно-исследовательскими организациями, в частности – учреждениями китайских академий наук и университетами. Таким образом, ГУОНТП подчинена распределенная структура государственных организаций по всем направлениям перспективных исследований, научные центры и лаборатории университетов, а также обеспечен доступ к технологиям стран-доноров для их апробации и внедрения. Такая структура является симбиозом опыта строительства систем военных исследований в СССР и США.

#### Выводы:

- Создание, развитие и последующее реформирование КОНТОП с разделением полномочий на гражданские и военные демонстрирует пример эволюции и жизненного цикла такой суперструктуры на интервале 10-15 лет.
- Воссоздание всей системы оборонных исследований в РФ, как и в случае КНР, неизбежно потребует надведомственных полномочий, которые будут влиять на промышленную политику, гражданскую науку и программу вооружений. Сейчас такими компетенциями в России обладает только Военно-промышленная комиссия.
- Последующая эволюция и усложнение исследовательской системы в какой-то момент может потребовать реформы – разделения полномочий, либо преобразования всей структуры оборонных исследований. Например, в перспективе отдельные аналитические структуры могут быть преобразованы в НИИ Министерства обороны, структура подготовки и сопровождения разработок – в соответствующее Главное управление, созданные на основе проектов лаборатории и центры – в лаборатории Минобороны и компании ОПК, а исследовательская система гражданской науки – в соответствующий департамент или организацию Министерства образования и науки или Министерства промышленности и торговли.
- Несмотря на административную централизацию, возможность создания ведомственных научных центров, доступа к передовым зарубежным технологиям, для успешной реализации программ необходимо сотрудничество с

университетами и центрами гражданской науки, работа с которыми позволяет осмыслить значение научных открытий и практическое применение новых технологий.

- В области создания прикладных военных технологий необходима тесная работа по линии военно-технического сотрудничества, включая взаимодействие по специализированным каналам с компетентными государственными структурами на постоянной (регулярной – плановой или запросной) основе.



I



II



III



IV



V



## Индия

Организация оборонных исследований и разработок (DRDO) - федеральное агентство Индии, ответственное за разработку военных технологий. DRDO было сформировано в 1958 году из объединения функционировавших на тот момент Ведомства технологического развития индийской армии, Управления технического развития и производства с Организацией оборонных наук. На момент создания DRDO было небольшой организацией с 10 подведомственными научными учреждениями и лабораториями. В течение следующих лет она значительно выросла по направлениям научных исследований, количеству лабораторий и технических достижений.

Целью DRDO является содействие процветанию Индии путем становления науки и техники мирового класса, создания основ самообеспеченности в области критических военных технологий и обеспечения решающего преимущества в техническом оснащении национальных Вооруженных.

Основные задачи в области национальной обороны и технического перевооружения:

- Проектирование, разработка и постановка на производство ультрасовременной техники – датчиков, систем вооружения, платформ и вспомогательного оборудования для национальных ВС.
- Предоставление технологических решений для ВС в целях улучшения боевой эффективности, условий жизни и быта войск.
- Строительство инфраструктуры, привлечение высококвалифицированной рабочей силы и создание развитой технологической базы.

Научно-техническую базу DRDO составляет сеть из 52 лабораторий, которые активно участвуют в разработке технологий из таких областей, как авиация, системы вооружения, электроника, компьютерные науки, науки о жизни, материалы, ракетная техника, военно-морские исследования. В структуру организации также входят 3 института подготовки и переподготовки кадров и 2 испытательных полигона. В программах организации участвуют более 5000 ученых и около 25 000 человек научно, технического и вспомогательного персонала.

В 2010 году был опубликован доклад Министра обороны Индии, в котором были сформулированы основные претензии к работе организации:

- Разработка образцов, которые либо не соответствует принятым в военном ведомстве стандартам, либо превышают сроки и бюджет на НИОКР.
- Многие из программ были санкционированы без необходимого утверждения правительством и министерством обороны. Только 10 процентов из них прошли процедуру согласования с Министерством обороны;

- Коррупция и кумовство существует в верхних эшелонах;
- Проблема с оттоком квалифицированных ученых.

По результатам работы комиссии выяснилось, что только 29 процентов образцов техники, разработанной за последние 17 лет, были востребованы Вооруженными силами Индии. Зачастую после длительного финансирования исследований, принималось решение о приобретении коммерчески доступного решения. Аудиторы задавались вопросами о целесообразности финансирования таких исследований.

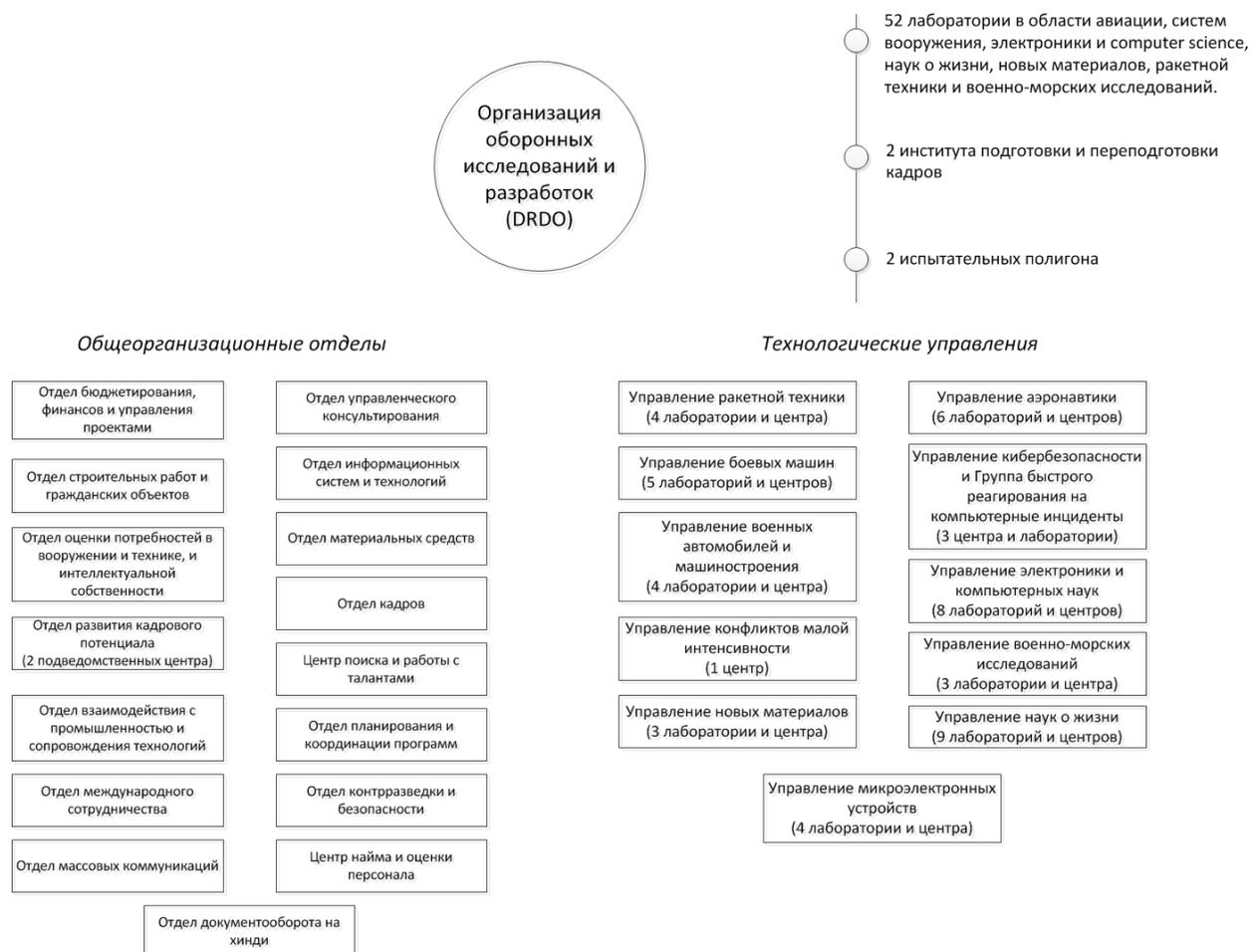


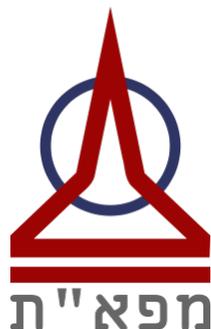
Рис. 4. Организационная структура Организации оборонных исследований и разработок Индии (DRDO)

Начавшаяся в 2010 году реструктуризация DRDO имела целью дать "мощный импульс развитию оборонных исследований в стране и обеспечить эффективное участие частного сектора в создании оборонных технологий". Ключевой мерой стало создание Комиссии по оборонным технологиям во главе с министром обороны. Это решение стимулировало запуск программ, которые имели потенциал быстрого развертывания и давали значительные технологические преимущества.

Начав с прямого и часто неудачного копирования зарубежных образцов, DRDO впоследствии реализовала много успешных проектов по созданию базовых систем и критических технологий, таких как авионика, БПЛА, стрелковое оружие, артиллерийские системы, танки и бронемашин, гидролокаторы, системы управления и ракетные системы.

**Выводы:**

- Выход на передние рубежи перспективных исследований возможен только в том случае, если страна и ранее отличалась выдающимися научными достижениями. Созданная Индией лабораторная база позволяет удовлетворять потребности в области создания новых технологий по отдельным позициям, но не позволяет выйти на новые рубежи по широкому спектру военных технологий.
- Создание единственной мегаструктуры, аккумулирующей в себе весь научно-технический потенциал страны, создает опасность реализации «нишевой» технической политики, оторванной от реальных потребностей Вооруженных сил.
- Необходимо вовлечение в деятельность исследовательской структуры представителей заказчика и эксплуатационных служб, которые бы могли еще на этапе подготовки аванпроекта вносить изменения в технические требования.
- В своих проектах DRDO критиковалась за неудачи в разработках, когда в конечном итоге потребности военных удовлетворялись закупкой зарубежной техники, а финансирование собственных программ признавалось экономически нецелесообразным. Такие выводы были ошибочны, так как даже для копирования современных технологий и их эффективного использования требуются научные знания на высоком уровне, которых можно добиться только при реализации передовых программ на мировом уровне.



## Израиль

Управление по разработке вооружений и промышленно-технической инфраструктуры (MAFAT, ת"פא"ת) – объединенный орган управления программами исследований и разработок Министерства обороны и ЦАХАЛа, созданный с целью обеспечения национальной безопасности путем поддержания возможностей разработать необходимое ЦАХАЛу вооружение. MAFAT организует научные исследования и разработки в интересах национальной безопасности на основе сотрудничества между тремя уровнями:

- Министерством обороны – в части обеспечения технического оснащения войск;
- ЦАХАЛ – в части планирования и управления военными НИОКР в Министерстве обороны и Армии обороны Израиля;
- военной промышленностью - государственными корпорациями Israel Military Industries, Israel Aerospace Industries, Rafael Advanced Defense Systems, Институтом биологических исследований и Космическим агентством Израиля.

Основными целями MAFAT являются:

1. Разработка, приобретение и внедрение передовых технологий, знаний, профессиональных кадров, проведение испытаний, создание инфраструктуры и научно-исследовательских институтов, необходимых для разработки необходимых ЦАХАЛу вооружений.
2. Проведение передовых исследований и научно-технического анализа, направленных на поиск новых технологических идей для разработки инновационных видов вооружений.
3. Приобретение лучших результатов научных исследований и разработок в интересах ЦАХАЛа.
4. Управление программами разработки и производства основных систем вооружений, в которых существует большой потенциал дальнейшего развития – путем планирования, управления бюджетом и корректировки технических требований.
5. Поддержка и развитие сотрудничества в области исследований и разработок с дружественными странами.

Приоритетные направления исследований включают в себя: снаряжение военнослужащих, информационные технологии и кибербезопасность, системы

машинного зрения, активные способы противодействия поражающим факторам, робототехнические системы и БПЛА, аэродинамика, новые материалы, системы интеллектуальных зданий, квантовые технологии (особенно в приложении создания сверхчувствительных датчиков), науки о жизни для систем безопасности - системы и средства индивидуальной и коллективной защиты личного состава, адаптивные системы управления и интерфейс «мозг-компьютер», высокоэнергетические системы, нанотехнологии (в том числе метаматериалы), акустика, радиофизика и фотоника, военная медицина, психология, ракетные топлива, пороха и компоненты, средства снижения заметности и маскировки объектов инфраструктуры.

Основными участниками разработок являются предприятия-производители ВВТ, среди которых лидирующие позиции занимают государственные корпорации, сведенные в три основных объединения: Israel Aerospace Industries («Израэл аэроспейс индастриз» - ИАИ), Israel Military Industries («Израэл милитари индастриз» - ИМИ), управление Rafael Advanced Defense Systems («Рафаэль»), а также частная компания Tadiran («Тадиран»).

ИАИ объединяет 17 крупных компаний, основные из которых - "МЛМ" (противоракетные комплексы), "Элбит" (навигационное оборудование), компании "Эльта" (электроника), "МЛТ" (беспилотные летательные аппараты), "Мабит" (компьютерные системы), "Бедек" (модернизация устаревшей авиатехники), "Мабат" (авиационные боеприпасы). Предприятия объединения ИМИ ("Солтам", "Израэл Орднанс корп.", "Азимут", "Миспанот Исраэль" и другие) занимаются производством артиллерийских систем, бронетанковой и инженерной техники, боеприпасов, военной техники для ВМС. Судостроение представлено компаниями "Израэл Шипъярд лтд." и "Рамта Системз энд Стракчерз". Продукцией концерна "Рафаэль" является ракетное вооружение для авиации. Компания "Тадиран", наряду с ИАИ, занимает ведущее место в производстве военной электроники<sup>2</sup>.

В отличие от других стран, у Израиля нет военных лабораторий, поэтому многие исследования проводятся в исследовательских университетах - Тель-Авивском университете, Технионе, Хайфском университете, Еврейском университете в Иерусалиме, Институте Вейцмана, Университете имени Давида Бен-Гуриона в Негеве, Университете имени Бар-Илана.

<sup>2</sup> М.Вихрев. Об организации системы военно-технического сотрудничества Израиля с зарубежными странами, Институт Ближнего Востока, <http://www.iimes.ru/rus/stat/2004/19-10-04.htm>

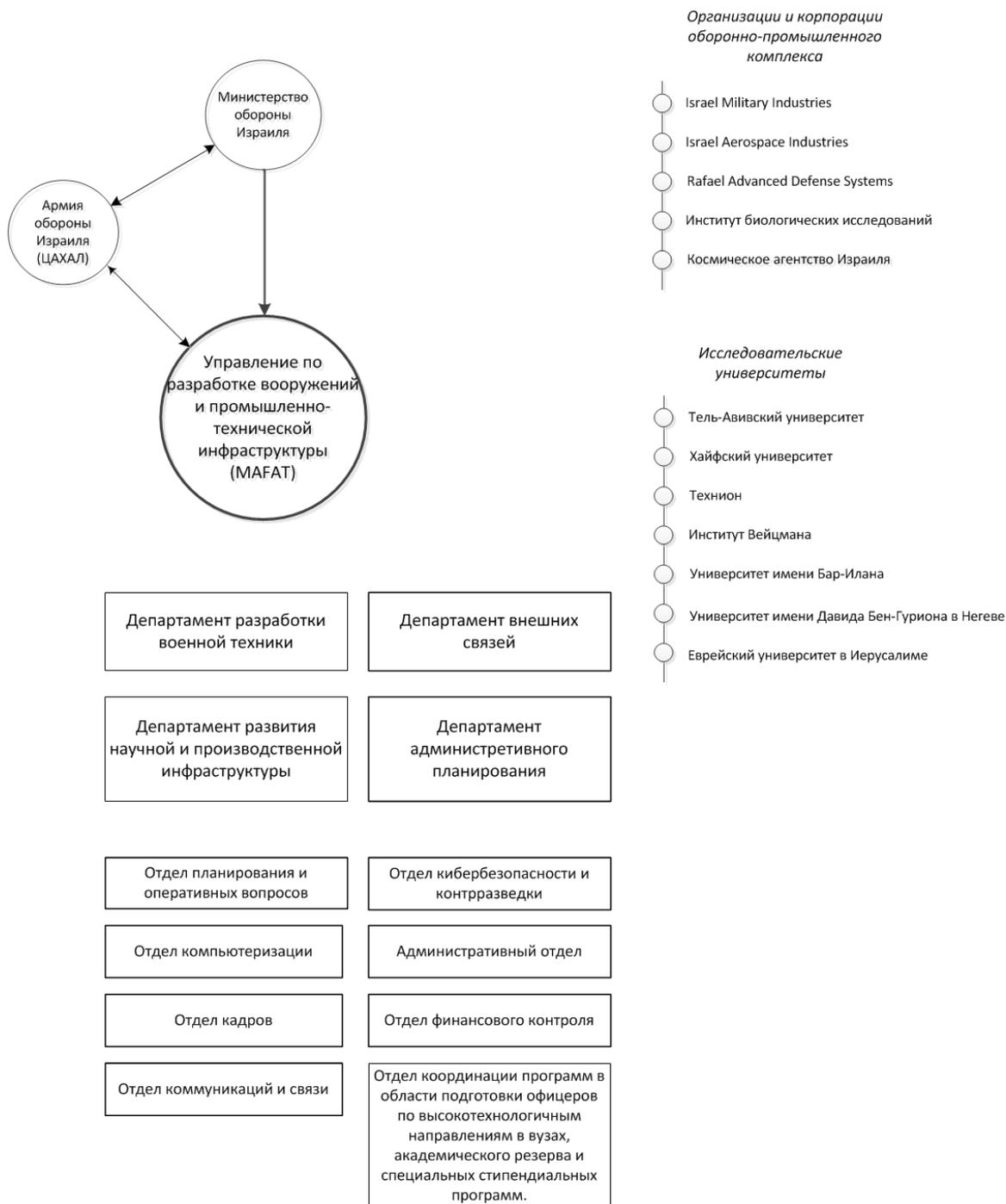


Рис 5. Организационная структура Управления по разработке вооружений и промышленно-технической инфраструктуры Министерства обороны Израиля.

Особого внимания заслуживает структура Ведомства главного ученого (ВГУ) Министерства промышленных технологий Израиля. Идея создания особых подразделений министерств, занимающихся продвижением научных разработок в соответствующих сферах деятельности, высказывалась еще первым премьер-министром Государства Израиль Д. Бен-Гурионом в конце 1950-х гг. К настоящему моменту Главный ученый – представитель научного сообщества, который отвечает за научно-техническую составляющую деятельности министерства. Основная задача Главного ученого – формировать и способствовать реализации программы научно-технического развития в рамках сферы деятельности своего министерства. Другими

словами, речь идет о том, чтобы связывать фундаментальные исследования с прикладными. Главный ученый работает в так называемой «серой зоне» стратегических исследований, к которой относят работы в тех областях, которые еще не стали общепризнанным трендом, но могут стать в ближайшее время. Задача Главного ученого выявить наиболее перспективные проекты, что требует большого профессионализма и в будущем может принести значительный доход. Основным инструментом практической деятельности ВГУ является система грантов на НИОКР, которая находится полностью в зоне его ответственности. Для повышения координации и во избежание дублирования деятельности главных ученых в 2000 г. по инициативе министерства науки Израиля был создан Форум главных ученых Израиля. Форум также является структурой стратегического планирования в сфере НИОКР на государственном уровне. При этом он служит площадкой обмена опытом и технологиями, дает возможность более эффективного использования инфраструктурных возможностей министерств<sup>3</sup>.

В области военно-технического сотрудничества приоритетным партнером являются США. К примеру, израильская компания «Rafael Advanced Defense Systems» и американская компания «Raytheon» совместно разрабатывают систему ПРО под названием «Праща Давида» («David's Sling»), предназначенную для перехвата ракет большой дальности, летящих на малой высоте, которыми располагает «Хизбалла» в Ливане. Соглашение о совместном выполнении проекта было подписано в 2008 году. По этому соглашению предполагается совместное покрытие затрат на реализацию проекта.

Также США и Израиль с 1988 года работают над созданием системы ПРО «Хец» («Стрела», «Arrow»). В июле 2010 года США и Израиль продлили двустороннее соглашение по сотрудничеству в разработке и производстве системы «Хец-3». Ожидается, что первые испытания пройдут в 2011 году и, возможно, система будет установлена к 2014 году.

### Выводы:

- Партнерство с США позволяет Израилю сосредоточиться на узком спектре технологических направлений, создавая одни из лучших в мире БПЛА, системы управления и кибербезопасности, не задумываясь о проблемах технологий, которые можно импортировать в готовом виде.
- Вместе с тем, высокая степень зависимости Израиля от США ведет к целому ряду серьезных негативных последствий. Прежде всего, это касается ограничений по направлениям перспективных исследований, невозможности без внешнеполитического ущерба проводить собственную научно-техническую политику, а также ограничений использования разработок для задач национальной обороны, давление при выборе партнеров для ВТС и др.
- Ориентация на основного партнера в военно-технической деятельности стимулирует отток в США перспективных стартап-компаний, технологии

<sup>3</sup> Д.А.Марьясис, Институт «главных ученых» и опыт Израиля в трансфере технологий

которых не получают поддержку внутри страны, а исключительно импортируются. Проекты в некоторых отраслях изначально ориентируются для работы на американском рынке и переезд в США.

- В условиях исторически небогатой исследовательской базы и ограниченной инфраструктуры, организация управления оборонными исследовательскими проектами одновременно может заниматься несколькими вопросами – например, прогнозов и анализа в интересах Министерства обороны, создания новых форм и организаций исследований и разработок, а также военно-технического сотрудничества.
- Особого внимания заслуживает уникальный институт, созданный для преодоления разрыва между фундаментальными и прикладными исследованиями, координации и планирования научно-технической политики в перспективных областях – Ведомство главного ученого (ВГУ) Министерства промышленных технологий Израиля.



I



II



III



IV



V



## Франция

La Direction générale de l'armement - Генеральная дирекция по вооружению (DGA) является агентством в структуре Министерства обороны Франции, которое занимается обеспечением войск вооружением и военной техникой. DGA участвует в управлении военной промышленностью, координирует и осуществляет военно-техническое сотрудничество. В структуру DGA входит инспекция вооружений и инспекция по атомным делам, а также собственное финансово-экономическое управление.

DGA выступает основным государственным инвестором в области высоких технологий завтрашнего дня. Одновременно поддерживается 80 программ создания вооружения с годовым бюджетом (исследования, разработки и поставки опытных партий) около 8,6 млрд. евро (из них - 7964 млн. на опытные поставки техники и 695 млн. на НИОКР в промышленных корпорациях).

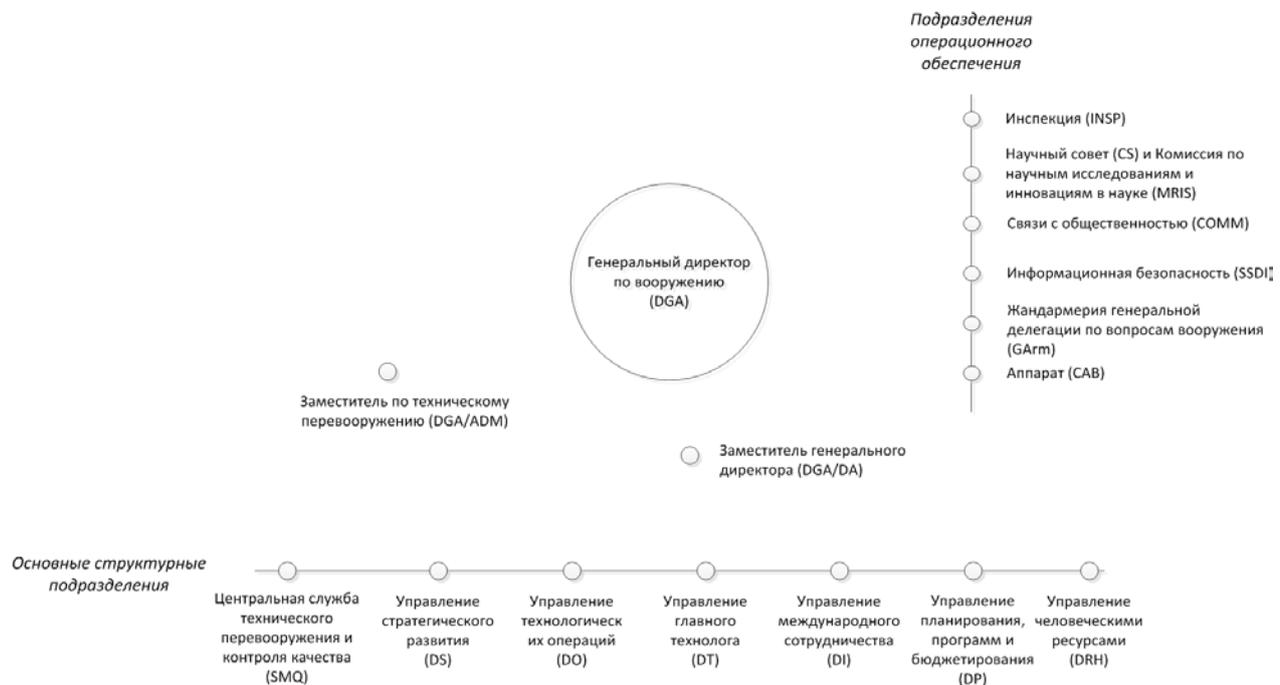


Рис. 6. Организационная структура Генеральной дирекции по вооружению (DGA) Франции

В структуру DGA входят 14 подведомственных исследовательских центров в области информационных технологий, ракетных технологий, реактивного движения, гидродинамики, военно-морского вооружения и др. Совокупно в данных центрах работает около 8 000 человек, суммарный объем финансирования – 746 млн. евро, из них на инвестиции в последнюю стадию (технологические работы) приходится 165 млн. евро.

DGA координирует программы вооружения с промышленностью, а также вопросы экспорта вооружений. Совместно с другими европейскими оборонными организациями DGA вносит свой вклад в развитие Европейского оборонного агентства. В настоящее время ведутся 15 совместных европейских программ по разработке систем вооружения – создание боевых вертолетов «Тигр», ЗУР для комплексов Roland / Frole, средств РЭБ Cobra, перспективных ЗРС FSAF, военно-транспортных самолетов A400M, зенитных систем PAAMS и др. Несмотря на значительный научно-технический потенциал, сил и средств DGA не хватило бы на передовые разработки в области всего спектра вооружений.

DGA непосредственно участвует в программах испытаний и работе государственных комиссий принятия на вооружение нового оборудования и военных технологий. Испытательные центры и полигоны для проведения апробации передовых технологий размещены в специально оборудованных для этого комплексах: для испытаний в области авиации и ракетных технологий используются 4 летно-испытательных центра – базы в Бретани, в городах Каза и Тулуза; для испытания ракетного вооружения и технологий используются 2 центра – в Бискароссе, Гавре и одна лаборатория в Верноне; испытания военной электроники, систем обработки данных и системы информационной безопасности проводятся в двух центрах - CELAg в Ренне, и CTSN в Тулоне.

Кроме того, DGA участвует в управлении вузами - инженерными школами, которые работают под пристальным вниманием Министерства обороны Франции, к ним относятся Эколь Политехник, ENSTA ParisTech, Supaéro, ENSTA Bretagne и ENSICA. Выпускники именно этих вузов становятся офицерами, сотрудниками научных центров и высокотехнологичных предприятий.

Поскольку структура французской науки во многом похожа на российскую – она отличается концентрацией исследований в научных институтах, и централизацией управления в академиях, – выводы из деятельности DGA могут быть особенно интересны с практической точки зрения.

#### **Выводы:**

- Несмотря на научные исследования мирового уровня, для достижения действительно передовых результатов DGA использует инструменты кооперации с европейскими корпорациями и научными центрами (прежде всего Германии и Италии). Несмотря на значительный научно-технический потенциал, сил и средств DGA не хватило бы на передовые разработки в области всего спектра вооружений.
- Потребности в новых кадрах породили в французском промышленном комплексе новые формы организации НИОКР – например модель консалтинговой компании ALTRAN, которая по заказам промышленных предприятий подбирает научно-технические кадры под выполнение конкретных узкоспециализированных работ на срок от 3 до 12 месяцев и более.

## Опыт СССР

Интересен опыт Советского Союза в создании инфраструктуры исследований в интересах обороны и безопасности государства. Система организации научных исследований в интересах Вооруженных Сил СССР включала в себя более 58 военных научно-исследовательских институтов, ориентированных на разработку новых систем вооружения в интересах видов Вооруженных Сил (НИИ-1 - ВМФ, НИИ-2 - ПВО, НИИ-3 – Сухопутные войска, НИИ-4 РВСН и т.д.) и решение специальных задач. Например, 37 НИИ занимался разработкой бронешлемов, бронежилетов и изучением их устойчивости к воздействию оружия. Помимо крупных НИИ, исследованиями и разработками для обороны занималось множество отдельных научных центров Вооруженных Сил, специальных воинских частей, временных подразделений на полигонах, эксплуатирующие и ремонтных подразделений и т.д.



### ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС СССР



Рис 7. Структура оборонно-промышленного комплекса СССР

Академия наук СССР вносила свой вклад в решение задач обороны. В 1951 году в структуре Академии наук СССР была создана Секция прикладных проблем при Президиуме АН (СПП АН СССР), которая тесно взаимодействовала с Министерством обороны и военно-промышленным комплексом СССР.

Головные НИИ Министерства обороны формировали технические задания, стандарты, проводили фундаментальные исследования, разработку конкретных образцов вооружений, их испытания и доработку. Вся эта и без того обширная исследовательская система Вооруженных сил СССР дополнялась огромной инфраструктурой оборонно-промышленного комплекса.

Оборонно-промышленный комплекс СССР представлял собой фантастическую картину. Так называемая «Девятка» - система из 9 министерств оборонной промышленности: Министерство общего машиностроения (ядерное оружие), Министерство авиационной промышленности, Министерство оборонной промышленности, Министерство среднего машиностроения, Министерство

радиопромышленности, Министерство судостроительной промышленности, Министерство промышленности связи, Министерство тяжелого машиностроения, Министерство электронной промышленности, охватывала большинство задач развития советской экономики.

Каждое из министерств имело сотни подведомственных предприятий, учреждений, центров и других организаций, занимавшихся разработкой, производством и обслуживанием средств вооружений и военной техники. Формировались крупные центральные специальные конструкторские бюро по разработке и проектированию крупных систем вооружения, например, разработкой систем ПВО С-25 занималось ЦКБ «Алмаз» (сейчас ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей»). Более того, Минсредмаш имел целую сеть подведомственных городов – Арзамас-16, Челябинск-65, Челябинск-70 и т.д.

Несмотря на формальные полномочия, реальная власть Министерств была относительно небольшой и касалась в основном направлений разработок в рамках общей стратегии развития и поддержки отдельных проектов, а также обеспечения государственного плана.

Все военно-промышленные научные разработки координировались в военно-промышленной комиссии (ВПК) Совета Министров СССР. В составе ВПК существовал Научно-технический совет Комиссии. Этот Совет оценивал различного рода научные предложения, вырабатывал рекомендации. Совет насчитывал около 200 членов, включал в себя ведущих академиков, главных и генеральных конструкторов. По различным направлениям создавались секции, в которых работали еще около 400 человек. Это было своеобразное объединение интеллектуального потенциала, причем не только оборонного. В Совет входили электрохимики, специалисты других отраслей. Вопросы рассматривались со всех сторон, работало множество экспертов. Планирование и коррекцию планов и лимитов выделения бюджетных средств обеспечивали оборонные отделы Госплана при Совете Министров СССР.

В то же время, системный подход к оборонным исследованиям, выделение перспективных направлений и поддержку передовых разработок обеспечивала совершенно другая, неправительственная структура – Оборонный отдел Центрального Комитета КПСС, который имел реальную власть, широчайшие возможности, в т.ч. финансовые. В составе около 150 человек, Оборонный отдел аккумулировал информацию ПГУ КББ СССР (нынешнее СВР), ГРУ Генерального штаба, Госплана СССР, Военно-промышленной комиссии и на ее основе формировал стратегические направления развития обороны страны. По сути, Оборонный отдел представлял собой одновременно советскую RAND и (частично) DARPA.

Отдельные научно-технические разработки в рамках передовых оборонных исследовательских проектов объединялись в государственные программы с отдельным бюджетным финансированием. Такая программа могла объединять под одну задачу десятки предприятий и тысячи людей в конструкторских бюро, Вооруженных Силах, научных учреждениях. Каждую программу возглавлял генеральный конструктор, в ней создавались научно-технические советы. Самой известной такой программой стала разработка аэрокосмической системы "Буран", над которой в разное время работало до 3 млн. человек.

#### Кейс «Энергия-Буран»<sup>4</sup>

Программа создания систем «Энергия-Буран» является самым известным и ярким примером эффективной работы широкой кооперации научных и производственных предприятий, особого внимания со стороны органов государственной власти, полного примеров межведомственного взаимодействия.

История проекта началась в феврале 1976 года, когда постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР в нашей стране были развернуты работы по созданию многоразовой транспортной космической системы "Энергия-Буран". Проектные исследования по этой системе начались еще в 1975 году в НПО "Энергия" под руководством академика В.П.Глушко.

НПО "Энергия" Министерства общего машиностроения (МОМ) было головной организацией по проекту "Энергия-Буран" в целом, а на Министерство авиационной промышленности (МАП) была возложена задача создания планера орбитального корабля (ОК) "Буран". Для выполнения этой задачи по инициативе министра МАП П.В.Дементьева на базе трех КБ (КБ "Молния", КБ "Буревестник" и Экспериментальный машиностроительный завод во главе с Генеральным конструктором В.М.Мясищевым) было образовано специализированное предприятие - Научно-производственное объединение "Молния", ставшее головным по разработке планера ОК "Буран". В качестве основной производственной базы был выбран Тушинский машиностроительный завод.

Для обеспечения использования в новой разработке имеющегося научно-технического задела приказом министра МАП в НПО "Молния" были переведены из ОКБ А.И.Микояна и ОКБ "Радуга" основные специалисты, ранее работавшие по проекту "Спираль". Созданное НПО возглавил Г.Е.Лозино-Лозинский.

В целях контроля и координации работ по теме "Буран" в аппарате Минавиапрома СССР было специально создано 12 Главное управление, в которое вошли высококвалифицированные специалисты - управленцы, которых специально откомандировали предприятия отрасли. 12-му Главному управлению Минавиапрома СССР непосредственно подчинялись: НПО "Молния" - головной разработчик планера ОК "Буран" с системами Минавиапрома, Тушинский машиностроительный завод - головной по изготовлению планера ОК "Буран", Экспериментальный машиностроительный завод им. В.М. Мясищева - головной по самолёту транспортировщику ЗМТ, кабине и системе терморегулирования, Смоленский авиационный завод - изготовитель крыла, вертикального оперения и других крупногабаритных фрагментов ОК "Буран" и некоторые другие организации.

В создании орбитального корабля "Буран" участвовали предприятия почти всех отраслей промышленности, в том числе НПО "Молния" МАП (головной разработчик планера орбитального корабля), НПО АП МОМ (система управления), НПО КП МОМ (радиокомплекс), НПО ИТ МОМ (телеметрические системы), НПО ТП МОМ (система сближения и стыковки), МНИИРС МРП (системы связи), ВНИИРА МРП (система измерения параметров движения при посадке), ЦНИИРТК МВССО (бортовой манипулятор), МОКБ "МАРС" МАП (алгоритмы участка спуска и посадки), УЭХК МСМ (электрохимический генератор), НИИ АО МАП (пульты космонавтов), ЦНИИМАШ МОМ (прочностные испытания), НИИХИММАШ МОМ (испытания двигателей и системы электропитания). Всего кооперация по проекту, призванного обеспечить Советскому Союзу стратегический отрыв от США в космосе, включала 1206 организаций около 100 ведомств, усилия которых направлял Совет Главных конструкторов.

Основная кооперация включала в себя:

- 51 научно-производственное объединение и конструкторское бюро (НПО "Молния", ММЗ им.П.О.Сухого, ДКБ "Автоматика", ПМЗ "Восход", НПО "Криогенмаш" и другие)

<sup>4</sup> По материалам портала «12 Главное управление. Кооперация по созданию ОК "Буран"» <http://www.mapssr.ru>

- 22 завода-изготовителя комплектующих узлов и деталей (Тушинский машиностроительный завод, Смоленский авиационный завод, Верхне-салдинский металлургический комбинат, Балашихинский литейно-механический завод и др.)
- 57 отраслевых научно-исследовательских института (30 ЦНИИ Министерства обороны, ВНИИ авиационного материаловедения, НИИ приборостроения, ЦАГИ, НИИ экономики и управления авиационной промышленности, НИИ парашютостроения и др.)
- 18 институтов Академии наук СССР (Институт машиноведения, Институт вычислительной техники, Институт психологии, Институт сварки им.Е.О.Патона АН УССР, Институт теоретической физики СО АН и др.)
- 43 вуза (Московский авиационный институт, Ульяновский политехнический институт, Московский инженерно-строительный институт, Уфимский авиационный институт, Новосибирская аэрокосмическая академия и др.).

В течение всего периода работ, вплоть до момента ликвидации Минавиапрома СССР в 1991 г., 12 Главное управление принимало непосредственное участие в создании отраслевой кооперации организаций - разработчиков и изготовителей агрегатов и систем ОК "Буран", осуществляло координацию их работ. Через 12 Главное управление осуществлялось государственное планирование и финансирование работ по этой теме.

Небольшой коллектив 12 ГУ (около 30 человек) обеспечивал работу Межведомственного координационного совета, готовил все последующие организационные документы: постановления и решения Правительства и Министерства.

Совместно с отраслевым НИИЭкономики управление, впервые в авиационной промышленности, внедрило сетевое планирование всего комплекса работ по теме "Буран" с обработкой на ЭВМ хода выполнения планов-графиков поставок агрегатов и узлов. Специалисты 12 Главного управления организовали работу ЦАГИ, ЛИИ и других отраслевых НИИ по сертификации систем и агрегатов планера ОК "Буран" на соответствие нормам лётной годности и требованиям безопасности и надежности.

В целом, если НПО "Молния" и ТМЗ были головными по разработке и изготовлению планера ОК "Буран", то 12 Главное управление Минавиапрома СССР было головной организацией в отрасли по координации и организационному обеспечению работы предприятий отраслевой и межотраслевой кооперации.

## Выводы:

- Наличие обширной системы научных исследований по всему спектру знаний позволяло СССР находиться на переднем крае оборонной науки, создавая новую технику на основе понимания потребности в решении новых задач, а не от возможностей промышленных технологий;
- Создание новых исследовательских институтов и промышленных предприятий, запуск новых научно-технических программ путем административных решений ЦК КПСС и Совета Министров, наличие стандартных процедур подготовки и согласования перспективной программы позволяло поддерживать перспективные проекты главных конструкторов;
- В то же время, множественность таких стандартных процедур делала возможным запуск одновременно нескольких параллельных работ по одному направлению разными исполнителями. Подобное дублирование приводило к принятию на вооружение техники мелкосерийными партиями.

- Несмотря на серьезные успехи, в целом такую систему можно представить как гипертрофированную DARPA, фантастическую как по своим размерам и достижениям, так и, подчас, по масштабам управленческой неэффективности.



I



II



III



IV



V

## Общие характеристики организационных систем, ориентированных на опережающее развитие

Т.н. сетцентричная концепция современных военных (в условиях большого числа объектов управления и коммуникаций) была построена на теории полковника ВВС США Джона Бойда (OODA – цикл НОРД). Он выдвинул гипотезу, что цикл деятельности и принятия решения OODA является центральным механизмом адаптации и что преимущество в скорости своего цикла действий и точности оценок обеспечивает преимущество над противостоящей стороной и ведет к достижению победы в военных действиях. На основе идей полковника Джона Бойда, вице-адмирала ВМС США Артура Цебровски и профессора Джона Гарстка – вооруженные силы США и инфраструктура военно-промышленного комплекса за последнее десятилетие были изменены до неузнаваемости, и в первую очередь в области сетцентрической вооруженной борьбы (network-centric warfare).

Применение данной теории к исследовательской системе показывает, что превосходство в области технологий зависит от двух параметров – скорости изменений технологической парадигмы и качества элементов системы. При этом качество зависит от конкуренции все большего числа акторов – что достигается широкими коммуникациями и независимостью в принятии решений.

№	Страна, организация	Принципы работы	Плотность коммуникаций (количество потенциальных исполнителей контракта)	Период смены парадигм / организационной и научной методологии
1	США, DARPA	Вовлечение сотрудников корпораций, университетов и всех неравнодушных.	>10	7 лет
2	Китай, SASTIND	Вовлечение корпораций, ведомственных научных центров и некоторых университетов.	3-5	более 7 лет
3	Индия, DRDO	Вовлечение научных центров и корпораций.	3-4	10-12 лет
4	Израиль, MAFAT	Вовлечение широкой кооперации компаний и центров США и Израиля.	4-6	7 лет
5	Франция, DGA	Вовлечение корпораций и ведомственных научных центров.	5-6	более 7 лет
6*	СССР, оборонный	Вовлечение	2-3	более 10 лет

отдел ЦК КПСС	ведомственных НИИ, научных центров, предприятий и некоторых институтов РАН.		
---------------	---	--	--

### Выводы.

Ключевым преимуществом США и западных стран в целом, в области технологий, является широкая исследовательская и производственная база – высокие показатели количества потенциальных исполнителей контрактов из науки и индустрии. В этой связи, для выхода на передовые результаты, Фонду необходимо построить свою модель работы на трех базовых условиях:

- широкие коммуникации, в рамках которых в проекты вовлекаются широкие слои научного, инженерного, делового сообществ,
- высокий уровень конкуренции при проведении разработок и гибкость организационных форм;
- высокая скорость смены технологических парадигм, которая достигается за счет восприимчивости к новым знаниям и скорости отработки новых технологий.

### III. Фонд перспективных исследований в структуре внешнего окружения

Фонд перспективных исследований создан в соответствии с Федеральным законом №174-ФЗ от 17 октября 2012 года в целях содействия осуществлению научных исследований и разработок в интересах обороны страны и безопасности государства, связанных с высокой степенью риска достижения качественно новых результатов в военно-технической, технологической и социально-экономической сферах.

Основные функции Фонда заключаются в следующем:

- формирование научных представлений о возможных угрозах, критически значимых для обороны страны и безопасности государства, причинах их возникновения и путях устранения;
- определение основных направлений научных исследований и разработок, связанных с высокой степенью риска достижения качественно новых результатов, в целях развития производства высокотехнологичной продукции военного, специального и двойного назначения;
- организация поиска и заказа на разработку, апробацию и сопровождение инновационных научно-технических идей, передовых конструкторских и технологических решений в области разработки и производства высокотехнологичной продукции военного, специального и двойного назначения;
- обеспечение доведения указанных идей и решений до уровня проектов, в отношении которых будет получено теоретическое и (или) экспериментальное обоснование возможности и целесообразности практического применения (внедрения) созданных при их реализации результатов интеллектуальной деятельности в интересах обороны страны и безопасности государства;
- финансирование указанных мероприятий и проектов.

Создание Фонда стало ответом на вызовы времени. Однако уже на старте работы руководителям ФПИ предстоит столкнуться с проблемой научно-производственной базы – в то время, как зарубежные аналоги работают в готовой инфраструктуре, Фонду только предстоит сформировать вокруг себя такую среду.

Сегодня ни одна государственная структура в РФ не способна одновременно ставить научно-технические задачи, формировать видение их реализации, сопровождать работы вплоть до достижения конкретного результата.

Поход к формированию федеральных целевых программ поддержки исследований и разработок, основанный на сборе тематик и их экспертной оценки, без привязки к конкретным научно-техническим задачам государственного уровня приводит к поддержке науки «лоскутами», подчас – к дублированию и повторному финансированию уже завершенных НИОКР. Отсутствие практики постановки научно-технических задач и работа по тематически-программному принципу приводит к незначительному совершенствованию уже существующих технологий и делает невозможным формирование новой технологической «повестки дня». Таким образом, в настоящее время в стране отсутствует государственный механизм трансляции задач

«повестки дня» в задачи науки и промышленности, и их формулировки в виде конкретных требований к техническим разработкам.

Низкая эффективность государственного научно-технического заказа была бы не столь удручающей в ситуации развитой системы корпоративных НИОКР. Однако важная особенность инновационной системы России заключается в преобладающей доле госсектора исследований и разработок. Государственный сектор науки в России занимает по доле во внутренних затратах на исследования и разработки 72%, в нем работают около 80% всех российских исследователей.

Проведением поисковых и фундаментальных исследований занимаются учреждения государственных академий наук – Российской академии наук (около 470 учреждений), Российской академии медицинских наук (62 учреждения), вузы различной организационной формы и подчинения (38 ведущих федеральных и национальных исследовательских университетов, и около 700 вузов).

Финансирование поисковых и фундаментальных исследований осуществляется из средств федеральных целевых программ Министерства образования и науки, Министерства промышленности и торговли, средств Федерального космического агентства, Министерства обороны, Российского фонда фундаментальных исследований, иных источников государственного финансирования и грантов, а для академических учреждений - по программам бюджетов соответствующих государственных академий наук.

Структуры поисковых и прикладных исследований:

- Российская академия наук (отделения по направлениям наук и региональные отделения);
- Научные центры и лаборатории университетов (МГУ, ТГУ, НГУ, МГТУ им.Баумана, МФТИ и другие);
- Научно-исследовательские организации Министерства обороны Российской Федерации;
- Инновационные департаменты крупнейших высокотехнологичных компаний.

Прикладные работы выполняются широким спектром организаций – вузами, отдельными учреждениями академий наук, отраслевыми научными центрами, КБ производственных корпораций, а также частными предприятиями, имеющими соответствующий задел.

Прикладные исследования финансируются по программам Министерства обороны, Министерства промышленности и торговли, Министерства образования и науки. В данную категорию также можно отнести средства венчурных компаний – РВК и созданных при ее участии фондов, направляемых на финансирование высокотехнологичных стартап-компаний.

В области прикладных исследований необходимо использовать опыт межведомственной кооперации, включающей российские организации и предприятия:

- КБ и НИИ оборонно-промышленного комплекса - ЦНИИ «Центр», ФГУП «МЗСС», НТЦ оборонного комплекса «Компас», ФГУП «НИИСУ», НТЦ «Информтехника» и другие.

- Крупнейшие предприятия и корпорации оборонно-промышленного и высокотехнологичных секторов экономики - ГК "Ростех" (включая холдинговые структуры), ГК "Росатом", Концерн ПВО «Алмаз-Антей, Объединенная авиастроительная корпорация», Объединенная судостроительная корпорация, Тактическое ракетное вооружение, НПО машиностроения, РКК Энергия, ГКНПЦ им.М.В.Хруничева, ИСС имени академика М.Ф.Решетнева, Московский институт теплотехники, УралВагонЗавод, а также высокотехнологичных российских компаний – РТИ, IBS, Яндекс, АБВУУ, 1С и др.
- Стендовая база научно-производственных комплексов российских наукоградов – Обнинск, Дубна, Пущино, Фрязино, Черноголовка, Протвино, Кольцово, Петергоф, Бийск и др.

Технологические работы – по внедрению и отработке технологических процессов и т.д. выполняются предприятиями с государственным участием в рамках целевых программ или корпоративных инвестиционных программ.

Технологические разработки, как правило, финансируются по программам Министерства промышленности и торговли, Министерства обороны, государственной программы вооружений; заданиям государственной программы вооружения и федеральных целевых программ в области обороны и безопасности, конкретизация которых осуществляется в рамках государственного оборонного заказа. В данную группу входят проекты по созданию высокотехнологичных предприятий по выпуску продукции двойного назначения, финансируемых ОАО «РОСНАНО».

Структуры развития производственной инфраструктуры, национальной промышленной базы и развития технологий:

- Министерство промышленности и торговли;
- Федеральное космическое агентство;
- ОАО «РОСНАНО»;
- Агентство стратегических инициатив и его партнеры;
- РВК и российская венчурная инфраструктура.

Ограничения сложившихся в настоящее время структур является следствием их положения в системе, обусловлены историческими причинами и собственным представлением отдельных структур о своих ролях и задачах. Можно выделить ряд общих для внешнего окружения ограничений, которые Фонд должен учитывать при планировании своей работы и постоянно преодолевать:

1. **Дефицит межведомственной и надведомственной координации.** Как правило, участники исследовательской системы, производства действуют в предположении, что их программы и проекты согласованы с другими участниками. В большинстве случаев, это предположение далеко от истины, и не существует инстанции, которая бы могла обеспечить координацию постановки и решения научно-производственных задач на общегосударственном уровне.

2. **Ограничения по форме и содержанию контракта или соглашения, а также конкурсной процедуре.** Как правило, конкурсы государства и государственных организаций планируются узкими рабочими группами и публично проводятся в один этап – объявление условий и подача участниками своих предложений в течение одного месяца. В то же время, большинство научно-технических конкурсов требуют двухэтапного функционирования – подготовка проблемы и тематики, публичное ее обсуждение для уточнения технического задания и последующий публичный конкурс. Кроме того, условия контракта не могут быть универсальны для всех типов исполнителей.
3. **Ограничения по исполнителям.** Сегодня исполнителем работ по государственным контрактам может быть только юридическое лицо. Единственным исключением является РФФИ, который отработал практику заключения соглашения о гранте с исследователем и одновременно – заключением соглашения о правилах расходования средств с его организацией-работодателем.
4. **Ограничения по созданию новых формаций.** Восстановление производственных цепочек и межотраслевой кооперации может потребовать на каком-то этапе воссоздания или создания новых структур. Это могут быть публичные или частные компании – производства, научные учреждения (лаборатории), некоммерческие организации, включая общественные, для решения узкоспециальных задач, участие в создании венчурных фондов и консорциумов для международной научной кооперации. Государственные структуры не проявляют гибкости в создании подобных формаций и взаимодействии с ними.
5. **Отсутствие механизмов довенчурного сопровождения разработок.** Ни один из созданных в РФ институтов развития в должной мере не обеспечивает сопровождение исследований и разработок на наиболее сложных и уязвимых этапах инновационного цикла – на этапах перехода от научных разработок, воплощенных, как правило, в экспериментальных единичных приборах, к тиражируемой технологии, соответствующей существующему набору стандартов и способной быть предметом рыночного оборота и/или промышленной реализации.

Именно эти и подобные им изъяны отечественной инновационной системы делают крайне актуальным создание структуры, способной транслировать стратегические задачи государства в конкретные научно-технические проекты, осуществлять целеполагание и координировать развитие приоритетных межвидовых, междисциплинарных и межотраслевых научно-технических исследовательских проектов – *Фонда перспективных исследований*.



Рис 8. Фонд перспективных исследований в структуре внешнего окружения

В рамках своих базовых задач, Фонд может финансировать работы по аналитике, прогнозам и оценке потенциальных угроз и возможностей, поисковые НИР, проведение экспериментов, доказывающих концепцию принятых к разработке проектов, вплоть до завершения ОКР по образцу. На последующих этапах Фонду необходимо выступать в роли заинтересованного лица, сопровождая весь процесс реализации «своих» проектов уже не в качестве заказчика, а в качестве куратора проекта – поддерживая разработку и не позволяя ей затеряться, утонуть в согласованиях и игре локальных интересов.

Результатами работы Фонда по исследовательской программе могут быть: 1) проведение экспериментов, доказывающих концепцию принятых к разработке проектов, вплоть до завершения ОКР по образцу; 2) передача лицензии и конструкторской документации предприятию; 3) передача технологии в статус резервной, если использование ее в настоящее время не представляется возможным.

Основные этапы -	Прогнозные работы	НИР	ОКР	ТР и внедрение	Новое производство
1. Роль ФПИ на этапе	Заказчик, формулирующий техническое задание. Руководство программой			Куратор проекта	Куратор проекта
2. Задача этапа	Получить и согласовать с основными заинтересованными лицами прогноз или стратегию развития	Получить proof-of-concept, прототип или образец		Подготовка производственной документации и	Модернизация существующего или создание нового предприятия
3. Взаимодействие	Минобороны, центры	Научные учреждения	Предприятия, научные	Предприятия, Минпромторг	Минпромторг, РОСНАНО,

	Минпромторга, научные центры и вузы	РАН, вузы и частные компании	учреждения РАН, вузы, НИИ МО и частные компании	и Минобороны	РВК
4. Базовые документы этапа	Аналитический отчет	Отчет о НИР, протоколы доказательств правильности концепции	Документация (КД) на образец	Производственная документация	Бизнес-план, ТЭО, модель денежных потоков, гарантийные письма

Стоит отметить, что регламенты межведомственного взаимодействия Фонда с основными государственными заказчиками НИОКР могут быть увязаны с целями, задачами и мероприятиями федеральных целевых программ, частью которых является либо проведение исследований и разработок в области высоких технологий и безопасности, либо их использование в задачах технологического перевооружения инфраструктуры.

Опыт DARPA показывает, что некоторые проекты рекомендовались к поддержке не (только) из выделенного агентству бюджета на исследования, но были рекомендованы к поддержке из средств министерств, ведомств, а в отдельных случаях также венчурных фондов. Это касалось, прежде всего, проектов, которые можно реализовать в ближайшее время, имеющих прикладной характер или имеющих реальную бизнес-перспективу. В этих случаях DARPA выступало консультантом, проводило экспертизу проектов и рекомендовала их к поддержке конкретным структурам.

Выполнение аналогичной – своего рода «диспетчерской» функции Фондом перспективных исследований крайне важно. Особенно – в условиях острого дефицита скоординированной и целенаправленной научно-технической политики в РФ. Для этого Фонду необходимо отработать коммуникации со следующими структурами в области поддержки научно-технических проектов.

*Основные российские структуры поддержки высоких технологий и инноваций.*

№	Структура	Особенность проектов
1.	Министерство обороны Российской Федерации	Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, направленные на совершенствование системы вооружения.
2	Министерство промышленности и торговли	Опытно-конструкторские работы по расширению технологической и производственной базы.

3	Министерство образования и науки	Поисковые НИИ по основным и приоритетными направлениям развития науки и техники.
4	Министерство энергетики	Проекты в области энергетики, энергоэффективности и энегосбережения, в т.ч. промышленного назначения.
5	Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере	Небольшие научно-технические бизнес-проекты в области информационных технологий, биомедицины и энергосбережения.
6	РФФИ	Фундаментальные исследовательские проекты.
7	Посевной фонд РВК	Проекты с оформленным бизнес-планом в области информационных технологий и приборостроения.
8	Венчурные фонды: DST, Runa Capital, Биопроцесс и др.	Проекты компаний, имеющих опыт продаж, с проработанным бизнес-планом – телекоммуникации, информационные технологии, биотехнологии и энергетика.
9	Высокотехнологичные и телекоммуникационные компании	Прикладные разработки, имеющие нишевой характер и позволяющие повысить эффективность или внедрить новые услуги.
10	Интегрированные и холдинговые структуры оборонно-промышленного комплекса	Прикладные проекты, способные улучшить характеристики существующих систем.

В этой связи, важной задачей Фонда является совершенствование и коррекция нормативно-правовой базы, например, в части сертификации единичного образца изделия, разработки новых государственных стандартов. Прежде всего, такие изменения могут касаться внутренних документов и подзаконных нормативных актов в компетенции министерств и находящихся в их ведении служб и агентств. Подобные нормотворческие инициативы, как правило, должны быть обусловлены казусом конкретного проекта и являться необходимым условием для дальнейшего развития всей исследовательской программы и старта подобных проектов в будущем.

В предложенном формате Фонд сможет готовить проекты федеральных законов, указов Президента Российской Федерации и постановлений Правительства Российской Федерации, разрабатывать проекты концепций и проектов технических заданий на разработку проектов федеральных законов, проекты нормативных правовых актов министерств, федеральных агентств и федеральных служб, затрагивающих вопросы обороны и безопасности, в том числе имеющих межведомственный характер.

**Выводы.**

1. Основным сдерживающим фактором для опережающего технологического развития России является низкое качество научно-технической политики государства. Долгое время довлеющей была проблема нехватки средств, сегодня на переднем плане другие проблемы. В частности, это дефицит целевого заказа в научно-технической сфере, дефицит межведомственной и надведомственной координации. Ни одна государственная структура не способна одновременно ставить научно-технические задачи, формировать видение их реализации, сопровождать работы вплоть до достижения конкретного результата.

Отсутствие практики постановки научно-технических задач и работа по тематически-программному принципу приводит к неэффективности процедур, зачастую ориентированных на отчетность, а не на результат. Отсутствие органа, ответственного за планирование и реализацию научно-технической политики делает поддержку науки малорезультативной и неэкономичной. В этой ситуации возможно незначительное совершенствование уже существующих технологий, но вряд ли возможно формирование новой технологической повестки дня и тем более – ее трансляция в виде конкретных требований к техническим разработкам.

2. С этим связан другой изъян – отсутствие организационных и финансовых механизмов «довенчурного» сопровождения инноваций. Представители венчурного капитала в России жалуются на отсутствие интересных инструментов для инвестирования. Ученые и разработчики – на нехватку инвестиций. Помимо естественной профессиональной аберрации зрения, у этого несовпадения перспектив есть и объективная причина: большая часть разработок просто не получает шанса дойти до той стадии, когда они могут стать интересны венчурному капиталу. Имеющиеся финансовые инструменты вступают в действие только после того, как открывается перспектива коммерциализации разработки. До этого момента необходимы иные формы сопровождения инноваций, связанные, по большей части, с механизмами научно-технологического заказа, существующими в большинстве развитых стран на уровне государства или корпораций. В РФ аналогичные механизмы отсутствуют или находятся в зачаточном состоянии. Созданные государством институты развития («Роснано», РВК и др.) не решают этой проблемы.

3. Миссия ФПИ может и должна состоять в том, чтобы компенсировать эти два системных изъяна своего «внешнего окружения».

Т.е., во-первых, Фонд призван быть инструментом целевого заказа со стороны государства в сфере научно-технической политики. И потенциально – механизмом координации приоритетных межвидовых, междисциплинарных и межотраслевых научно-технических исследовательских проектов поверх ведомственных границ.

Во-вторых, Фонд ориентирован на поддержку исследований и разработок именно на самых сложных и уязвимых этапах инновационного цикла, часто именуемых «долиной смерти» инноваций – на этапах перехода от научных разработок, воплощенных, как правило, в экспериментальных единичных приборах, к полноценной технологии.

4. Обе перечисленные задачи явным образом присутствуют в базовой концепции ФПИ, которая закреплена в законе. Однако для их полноценного выполнения Фонду (в т.ч., в лице его попечительского совета) необходимо взять на себя еще одну задачу:

задачу сопровождения своих проектов по всей цепочке развития, а не только на тех стадиях, которые могут быть непосредственно профинансированы из бюджета ФПИ. Начиная с завершения процессов прикладных НИР – на этапе ОКР и технологических работ, производственных и государственных испытаний и, в конечном счете, – вплоть до принятия на вооружение (и/ или промышленной реализации в гражданском секторе), Фонду необходимо выступать в роли заинтересованного лица, сопровождая процесс уже не в качестве заказчика, а куратора проекта. В противном случае, пробелы и разрывы отечественной инновационной системы сделают даже самую успешную работу Фонда стратегически бесплодной.

5. В целом, для эффективного выполнения своих базовых функций Фонду потребуется активная работа в смежных областях. В том числе:

- стратегический анализ и прогноз перспективных направлений развития технологий в контексте геополитических, геоэкономических, социокультурных вызовов и тенденций,
- проработка тактики использования новых технологий военного применения, эксплуатации и обслуживания новых образцов,
- совершенствование и коррекция нормативно-правовой базы в рамках сопровождения «своих» проектов,
- решение вопросов коммерциализации и промышленной реализации разработок.



I



II



III



IV



V

## IV. Принципы и механизмы работы ФПИ

### 1. Выделенный статус – параллельная система управления

Находясь в исключительном положении подчинения исключительно Генеральному заказчику – государству – и будучи структурой параллельной ведомственным системам НИОКР, Фонд может:

А) позволить себе не только формально исполнять заложенные в его уставе положения, но и единственный во всей инфраструктуре оборонных исследований абстрагироваться от волокиты, отбросить предубеждения и сделать *именно так, как нужно для пользы дела*,

Б) восполнять дефицит планирования и координации научно-технической политики применительно к конкретным, отдельно взятым проектам и целевым ориентирам,

В) послужить прототипом, стартером новой системы институтов в области инновационных исследований, как для оборонных, так и для социально-экономических сфер.

Например, развитие отдельных инициатив и поддержка небольших площадок может породить новые точки роста – начав с контракта по созданию мобильных роботов, научная группа может вырасти в промышленное предприятие, полноправного и влиятельного участника ОПК, а собранная научная группа по аналитической оценке современных технологических угроз и мирового потенциала – через несколько лет прийти к выделению в один из аналитических центров Минобороны или Минпромторга.

«Дублирующий» статус Фонда (по отношению к сложившимся институтам научно-технической политики) – во многом вынужденная мера. В своих проектах он призван преодолевать не только огромную пропасть между фундаментальными исследованиями и их внедрением в промышленность, но и пять разрывов меньшего масштаба: 1) разрыв между прогнозными, аналитическими работами и поисковыми исследованиями, 2) между фундаментальными и прикладными исследованиями, 3) между прикладными исследованиями и производственной технологией, 4) между промышленным производством и эксплуатирующими службами; 5) между требованиями генерального заказчика и перечисленными выше процессами.

Для преодоления перечисленных разрывов Фонду необходима отработка системы координации заинтересованных лиц и организаций в деле поддержки и сопровождения передовых исследовательских проектов. Роли этих организаций в жизненном цикле технического проекта сейчас распределены следующим образом:

- Прогнозы угроз и возможностей – Генеральный штаб, НИО МО, аналитические структуры Министерства экономического развития и Министерства промышленности и торговли, а также общественные центры.
- Поддержка поисковых работ – РФФИ, Министерство образования и науки, Фундаментальная программа РАН, Система перспективных военных исследований Министерства обороны Российской Федерации.
- Поддержка опытно-конструкторских и технологических работ – Министерство образования и науки, Министерство промышленности и торговли, Система перспективных военных исследований Министерства обороны Российской Федерации.

- Внедрение в производство – Министерство промышленности и торговли, Министерство обороны.
- Модернизация и создание новых производств – Министерство промышленности и торговли, РОСНАНО.

---

*Россия уже имеет опыт создания параллельных структур для обеспечения быстрого развития новых отраслей. Не углубляясь в дореволюционные времена, из советской истории можно вспомнить опыт Спецкомитета для руководства работами по атомной энергии и Первого главного управления при СНК/Совмине СССР, а также комитетов по радиолокации и ракетной технике.*

*Эти структуры, созданные под занавес Второй мировой войны, были призваны ликвидировать отставание СССР в развитии соответствующих видов техники и отраслей промышленности. Имея прямой доступ к руководству страны и большие полномочия, руководители этих комитетов, опираясь на работы ведущих советских ученых и инженеров соответствующего профиля, обеспечили оперативную концентрацию ресурсов и решение практических задач по освоению новейших технологий: в 1949 году, на 5-10 лет раньше прогнозирувавшихся на Западе сроков, СССР произвел подрыв ядерного боеприпаса, а в 1953 году испытал первый в мире термоядерный боеприпас, пригодный для практического применения; к 1950му году была развернута инфраструктура разработки и производства ракетной техники, обеспечившая в течение 10 лет создание системы ПВО страны, межконтинентальных ракет, и выход в космос; одновременно СССР сумел обеспечить себя полноценным арсеналом средств радиолокации, заняв по ряду направлений лидирующие позиции.*

*Повторение этого опыта может быть оправдано в случаях, если имеющиеся структуры государственного управления не обеспечивают нужного качества управления работами в силу системных дефектов или загруженности текущими задачами. При этом имеющиеся сегодня технологии накопления и передачи информации в значительной мере облегчают создание и функционирование подобных «параллельных структур», которые по определению должны быть компактными, мобильными и способными к оперативному реагированию на ситуацию.*

*Фактически, сегодня Россия находится в положении Советского Союза 1943-45 годов, когда была осознана необходимость резкого повышения уровня промышленности, науки и технологии для обеспечения возможности продолжения цивилизационной гонки. Без решения этой задачи само существование СССР к началу 50-х годов могло быть поставлено под вопрос.*

*Сегодня Россия вынуждена также решать задачу освоения технологий нового уклада, в условиях, когда существующие органы управления промышленным развитием перегружены задачей поддержания имеющегося и восстановления утраченного промышленного потенциала. В этих условиях создание такого органа, как ФПИ, который может координировать деятельность других элементов госструктуры по развитию новых технологий, представляется разумным повторением успешного исторического опыта, позволившего СССР на много десятилетий стать одним из лидеров научной и промышленной гонки.*

---

## **2. Интенсивность коммуникаций**

Единственным способом достижения и поддержания превосходства является постоянное привлечение первоклассных талантов из самых разных отраслей и профессий. Необходимо постоянно искать контакты с людьми, которые могут приложить свои творческие способности к стоящим перед государством задачам экономического развития, обороны и повышения безопасности нашей страны.

Масштаб стоящих перед Фондом задач требует вовлечения в их решение опытных специалистов из самых разных отраслей науки и промышленности, в том числе и тех, кто никогда ранее не имел отношения к оборонным программам. Необходимо максимально полное вовлечение в оборонные исследования широких слоев научно-технического сообщества – от сотрудников университетских лабораторий и научных центров до венчурных инвесторов и компаний.

*Менеджеры программ DARPA отличаются коммуникабельностью и высоким уровнем интеграции в научную и промышленную среду – все их контакты открыты и каждый разработчик в США может с ними связаться, поделиться своей идеей и принять участие в разработке требований к системам завтрашнего дня. Однако и в США коммуникация на стыке «гражданских» и «военных» исследований является проблемой. В своем докладе в 2011 году Научный совет Министерства обороны США (Defense Science Board – DSB) признал недостаточными усилия военного ведомства в обеспечении превосходства в фундаментальных исследованиях для национальной безопасности. Советом были выявлены причины, которые в будущем могут поставить под сомнение господство Вооруженных сил США в области науки и технологий. Дело в том, что большая часть научных работ, реализуемых в США, лежит вне поля зрения Министерства обороны, военное ведомство имеет ограниченный доступ для привлечения к своим задачам ведущих ученых и талантливых специалистов. В связи с этим, появляются предложения создать постоянно действующий резерв ученых, занимающихся разработкой теоретических основ различных наук, которые будут потенциально способны выполнять исследования военной направленности, либо предложения сотрудникам военного ведомства осуществлять непосредственные контакты с ведущими учеными, как в США, так и за рубежом, для знакомства с последними достижениями в соответствующей области.*

Коммуникации решают важнейшую задачу вовлечения технологических лидеров в программы и проекты, инициации научно-технических дискуссий, создания сообществ с дальнейшим переводом общения в форму специализированных конференций и брифингов с целью постановки проблем перед научным сообществом, - и, в конечном счете, формирования облика технологической программы.

### **Краудсорсинг**

Краудсорсинг (англ. crowdsourcing, crowd — «толпа» и sourcing — «использование ресурсов») — передача определённых производственных функций неопределённому кругу лиц на основании публичной оферты, не подразумевающей заключение трудового договора. Термин впервые введён писателем Джеффом Хауи (Jeff Howe) и редактором журнала Wired Марком Робинсоном (Mark Robinson).

Потребность в решении постоянно появляющихся проблем и необходимость в свежем взгляде на застоявшиеся технические задачи, требует вовлечения больших интеллектуальных ресурсов и все больших масс людей. Один из футуристичных подходов к решению этой проблемы был сформулирован в программе Unconventional Warfighters управления DARPA. В настоящее время только 1% населения США работает на оборону страны. Необходимо понять, создание каких инструментов позволило бы вовлечь в оборонную сферу куда большее количество творческих людей. Прежде всего, DARPA ищет «футуристов, изобретателей, любителей (даже поверхностных) военной тематики, которые могут взглянуть на войну с нетрадиционной точки зрения». Применением системы краудсорсинга на серьезном уровне можно назвать программу Adaptive Vehicle Make (AVM), запущенную в 2010 году и представляющую собой новый методологический подход к проектированию, созданию и тестированию сложных комплексных систем.

### **Международное сотрудничество**

Опыт работы аналогичных Фонду структур (DARPA, DGA) говорит о необходимости по отдельным направлениям привлечения к выполнению работ зарубежных исполнителей – университетов и малых инновационных фирм. Иностранные организации не могут участвовать напрямую в конкурсных процедурах,

но могут принимать участие в открытом обсуждении будущей исследовательской программы и в дальнейшем участвовать в ней как субподрядчики по контрактам. Примерами успешной научной кооперации являются европейские программы сотрудничества с российскими университетами - 7-я Рамочная программа Европейского союза, программа TEMPUS, программа ERASMUS MUNDUS, и американские программы – программа PIRE Национального научного фонда США. С 2010 года Министерством образования и науки реализуется программа по постановлению Правительства ПП-220 по привлечению Ведущих ученых в российские вузы.

### **PR и просвещение**

Отдельное внимание стоит уделять научно-популярному и наглядному распространению информации о научно-технических программах, их фундаментальных основах, планах и результатах. Такая работа не только является обоснованием расходов на рискованные проекты, но и стимулирует научную среду, создавая благоприятную для развития культурную атмосферу и стимулируя смену технологических парадигм «снизу».

### **Баланс между конфиденциальностью и распространением информации**

Кадровая политика и политика конфиденциальности должны иметь своей целью максимальную пользу для проектов. Слишком жесткие условия отпугнут талантливых исполнителей и организаторов. В этом вопросе важно выстроить гибкую политику, которая бы не вводила ограничения без действительной потребности для дела.

### **3. Высококонкурентная среда подготовки исследовательских программ**

Исследовательская программа – основа проектной работы аналогов Фонда в зарубежных странах. Программа готовится сотрудниками Фонда совместно с привлеченными специалистами и экспертами, она основана на существующей потребности генерального заказчика или перспективной технологии, реализация которой может дать существенное преимущество.

**Программа** – совокупность научно-технических подходов, сформулированная Фондом совместно с научным сообществом, с помощью которых возможно решение конкретной практической проблемы.

**Проект** – предложенное исполнителем решение конкретной технической проблемы в рамках программы, выраженное в форме технического задания, плана работ, обоснования бюджета и других документов.

Старт *исследовательской программы* требует формулировки проблемы на языке, понятном даже неспециалисту. Обсуждение целесообразности реализации программы начинается на специальных закрытых семинарах с руководством Фонда, представителями видов Вооруженных сил, Генерального штаба, оборонной промышленности и отраслевых НИИ. Основная задача таких семинаров – подтвердить актуальность предложенного решения и определить его технологический облик, либо наоборот – определить его второстепенное значение в текущих реалиях. После утверждения директором Фонда, программа официально принимается в разработку.

*Контракты по проектам* в рамках программы заключаются по итогам открытых и закрытых конкурсов. Организация конкурсов по проектам потребует проведения

процедуры, в которой смогут принять участие несколько десятков коллективов с проектами или предложениями. На этапе подготовки конкурсных процедур могут быть рассмотрены типовые технологические стратегии и задачи, решениями которых может оказаться целый куст технологий, из которых для поддержки необходимо будет выделить одну или несколько. Основные принципы:

- Минимизация документации при подготовке конкурсного предложения на аванпроект – только по научной состоятельности и обоснованию предлагаемого решения;
- Состязательность аванпроектов;
- Открытое обсуждение предлагаемых проблем или решений на конференции proposal day или научно-техническом совете;
- Движение от абстрактной постановки задачи руководителем программы Фонда – к формулировке технического задания на работу.

### Исполнители

Предлагается использовать опыт научно-технических программ СССР, когда выделялись научные руководители, главные и генеральные конструкторы. В модели Фонда такие руководители, наравне с руководителем программы в Фонде, несут всю ответственность за успешность результатов.

В части работ (от прогнозных / аналитических исследований до прикладной НИР включительно), целесообразно уйти от сложившейся практики заключения двустороннего договора с предприятием. Возможность использования иной модели в поисковых и фундаментальных работах была показана успешным опытом РФФИ, когда фонд заключает соглашение с руководителем проекта – о содержательной части работ, и с его организацией работодателем – о правилах финансирования. При этом исследователь в любой момент может перейти на новое место работы, и грант переедет вместе с ним. Использование такого подхода потребует заключения специальных соглашений с Министерством образования и науки, Министерством обороны и другими ведомствами, а также отдельных соглашений с организациями-работодателями научных руководителей и главных конструкторов проектов. Однако практика РФФИ, который заключает тройственные соглашения "Фонд-Руководитель-Организация" с более чем 1000 организациями государственных академий наук и университетов, вполне убедительно говорит о реалистичности такой модели.

Предлагается повысить роль руководителя проекта – главного или генерального конструктора, расширив его полномочия, вплоть до корректировки технического задания и бюджета проекта, предоставив значение его подписи большее, чем подписи и печати его предприятия-работодателя. Фактически – в некоторых случаях заключая трехсторонние договоры. Практика заключения таких трехсторонних договоров с физическими и юридическими лицами в 2010-2012 гг. отработана при выполнении НИОКР по программам ПП-218 и ПП-220 Министерства образования и науки. Возможность Фонда создавать новые формации позволяет использовать этот опыт в полном объеме.

Базой для работы по реализации исследовательских программ и исполнения контрактов являются научные сотрудники учреждений РАН, университетов, научных центров Министерства обороны и др.

#### 4. Ориентация на вовлечение в межведомственную кооперацию

Задачи технологической модернизации и инновационного развития являются сквозными, важными для всех отраслей российской промышленности и требуют для успешного решения обязательного вовлечения всех заинтересованных министерств и ведомств, в том числе Министерства обороны, Министерства промышленности и торговли, Министерства образования и науки, государственных корпораций и интегрированных структур ОПК.

В рамках утвержденных в 2007-2012 годах федеральных целевых программ по поддержке научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ выделяются приоритетные межвидовые, междисциплинарные и межотраслевые направления – развитие которых является критичным для технологической безопасности страны, но в настоящее время ведется разнонаправлено, ввиду отсутствия центра координации межвидовых и межотраслевых исследований – таким образом, не только отсутствует целеполагание, но и отсутствует единый координатор по передовым разработкам в пограничных областях знания.

В условиях подобной разрозненности, Фонд призван выступить структурой, способной транслировать стратегические задачи государства в конкретные научно-технические проекты и координировать развитие приоритетных межвидовых, междисциплинарных и межотраслевых научно-технических исследовательских проектов.

С целью оперативной организации научных исследований, поставки необходимой аппаратуры и материалов, согласования уникальных научных экспериментов и проведения специальных семинаров, вырабатываются и принимаются специальные регламенты по взаимодействию:

- Регламент взаимодействия с Федеральной таможенной службой – ускоренный режим растаможивания оборудования, расходных материалов для нужд проектов;
- Регламент взаимодействия с Министерством образования и науки, Министерством промышленности и торговли в части утверждения к финансированию тематик НИР и ОКР;
- Регламент взаимодействия с Министерством обороны, Минздравсоцразвития в части проведения научных исследований, предклинических и клинических испытаний;
- Регламент взаимодействия с Роскосмосом в части проведения космических экспериментов, выведения полезной нагрузки и использования полигонов и испытательной базы;
- Регламент взаимодействия с Ростатомом в части доступа к ядерным материалам, проведения испытаний (например, микрорентген и мобильные установки наработки изотопов);
- Регламент взаимодействия с Росстандартом в части использования экспериментальной радиоэлектронной аппаратуры и др.
- Регламент взаимодействия со Сколково.

Отдельное внимание стоит уделить сотрудничеству с органами разведки. Специальные службы могут предоставить информацию о состоянии дел и успехах отдельных научно-технических групп и компаний, образцы, данные о кадрах и т.д. Как правило, такая информация носит обрывочный характер и не может послужить системной основой для разработок в области секретных программ.

## Взаимодействие ФПИ, органов государственной власти и институтов развития.

<p>Министерство обороны</p>	<p>Министерство является важнейшим партнером в области осуществления передовых научных исследований. Фактически является главным бенефициаром всех результатов от деятельности Фонда – разработок, технологий, вариантов использования образцов и т.д.</p> <p>В настоящее время (параллельно с формированием Фонда перспективных исследований) в Министерстве обороны России проводится работа по формированию Системы перспективных исследований и разработок Министерства обороны Российской Федерации, включающая в себя:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Главное управление научно-исследовательской деятельности и технологического сопровождения передовых технологий (инновационных исследований);</li> <li>▪ Информационно-аналитический центр;</li> <li>▪ Координационно-экспертное управление;</li> <li>▪ Главный научно-исследовательский испытательный центр робототехники;</li> <li>▪ Научно-исследовательский центр «Бюро оборонных решений» и региональный центр инновационных разработок.</li> </ul>
<p>Федеральное космическое агентство</p>	<p>Сотрудничество в области обмена научно-технической информацией, анализу перспективного задела и научного потенциала. Сотрудничество по организации перспективных проектов на базе лабораторий научных центров, включая Ил-76МДК для апробации физических принципов и испытаний аппаратуры в различных режимах гравитации. Координация перспективных проектов космических экспериментов на пилотируемых и автоматических аппаратах для апробации и испытаний новых технологий, создания перспективных средств космонавтики.</p>
<p>Российская академия наук</p>	<p>Сотрудничество в области обмена научно-технической информацией, формулировки тематик перспективных поисковых и фундаментальных исследований для выполнения в научных учреждениях РАН, привлечение научного потенциала академии для реализации научно-технических программ, а также использование исследовательской и лабораторной базы институтов РАН в интересах передовых исследовательских проектов.</p>
<p>Министерство образования и науки</p>	<p>Сотрудничество в части обмена научно-технической информацией, уточнения перспективных и востребованных направлений развития науки и техники, анализа научно-технического задела и научного потенциала университетов и научных центров, в том числе в рамках координационных советов</p>

	<p>и рабочих групп федеральных целевых программ развития науки.</p> <p>Перспективным направлением сотрудничества и вовлечения широкой научно-производственной кооперации являются 30 технологических платформ, утвержденных Правительственной комиссией по высоким технологиям и инновациям (Медицина будущего, СВЧ технологии, Радиационные технологии и другие).</p>
Министерство промышленности и торговли	Сотрудничество в части обмена научно-технической информацией, в том числе по имеющемуся заделу предприятий промышленности. Организация сотрудничества в рамках координационных советов и рабочих групп федеральных целевых программ в части уточнения технических заданий по перспективным образцам техники и техническому перевооружению отдельных линий производств.
Министерство здравоохранения	Сотрудничество в части обмена научно-технической информацией по медико-биологическим программам. Согласование проведения предклинических и клинических испытаний.
Государственная корпорация по атомной энергии "Росатом"	Сотрудничество в области обмена информацией по проектам в области технологий ядерной медицины, сопровождения проектов по созданию новых технических средств для применения в отрасли атомной энергетики.
Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС)	Сотрудничество в области апробации в условиях чрезвычайных ситуаций перспективной техники и средств, например экстренной медицины.
Федеральная служба безопасности (ФСБ)	Координация программ по созданию перспективных средств кибербезопасности, защиты информации, передовых информационных технологий, а также биотехнологий – например идентификации личности.
Служба внешней разведки (СВР)	Взаимодействие по секретным программам. Координация сотрудничества в области анализа и прогнозов научно-технического потенциала, ресурсов и достижений.
ОАО «РВК» и венчурные фонды	Взаимодействие может быть оформлено в виде соглашения о создании, возможно в партнерстве с одной из госкорпораций, инфраструктурного проекта – аналога программы DeVenCI, программ STTP и др., которые подразумевают стимулирование венчурных инвестиций в области оборонных технологий.
ОАО «РОСНАНО»	Сотрудничество по темам одной или нескольких программ, для успеха которых необходимо создание нового производства (оптика, компонентная база, робототехника и т.д.), - а именно поиск партнера-инвестора, подготовка документации и сопровождение на этапе прохождения экспертизы и утверждения.

<p>Университеты и научные центры</p>	<p>Соглашения о научных коллективах, дальнейшая работа которых может привести к выделению такого коллектива в виде отдельной лаборатории или центра оборонных исследований. Особое значение это имеет в области передовых технологий, где лидером научная группа может стать за сравнительно небольшой промежуток времени, если сосредоточит все усилия на одной области - искусственный интеллект, робототехника, биотехнологии, биоинформатика, биомедицина, социальные сети, квантовые вычисления и др.</p>
--------------------------------------	--

В целом, ключевым ведомством для организации взаимодействия с Фондом является Система перспективных военных исследований и разработок Министерства обороны Российской Федерации. Оптимальным решением было бы прикомандирование к Фонду представителей главных управлений и главкоматов видов Вооруженных сил для участия в обсуждении и подготовки тематик будущих исследовательских программ. Организационное взаимодействие с промышленными предприятиями в части создания кооперации обеспечит утвержденная в 2013 году система Советов и Межведомственных рабочих групп Военно-промышленной комиссии при Правительстве РФ.

### 5. Подбор кадров и личная ответственность

*Подбор кадров* – одна из критически значимых задач, которые стоят перед Фондом. Предстоит собрать коллектив талантливых и решительных людей, которые смогут осознать масштаб стоящих перед организацией задач и вынести ее на своих плечах. При этом в решении стоящих перед Фондом задач ценность каждого привлеченного сотрудника настолько велика, что отделу кадров Фонда важно постоянно искать и просеивать большие массивы данных о персоналиях руководителей предприятий, авторов интересных проектов, с целью адресного приглашения наиболее подходящих людей.

Ключевым фактором успеха Фонда является корпус штатных сотрудников – *руководителей программ*. Именно от их личных качеств и квалификации зависит, будет ли предложено перспективное решение, насколько грамотно будет проведено обсуждение, и в конечном счете – успех проекта. Руководители программ выполняют сразу несколько задач – формулируют проблематику исследований, участвуют в обсуждении возможных решений, формулируют перспективный облик проектов, обсуждают различные реализации технологических решений, взаимодействуют с сотнями людей из науки и промышленности. Все это требует совершенно неординарных качеств, блестящего технического образования, а в идеале – наличия мечты и огня в глазах.

В то время как руководитель программы является представителем заказчика, организует научно-технические советы, готовит техническое задание и осуществляет координационные функции во время реализации проекта, непосредственное руководство проектом осуществляет *главный конструктор или научный руководитель*, проект которого победил на конкурсной процедуре Фонда. Несмотря на то, что современное российское законодательство не позволяет в организациях различных форм собственности и подчинения обеспечивать особый статус главного конструктора,

соответствующие положения могут быть прописаны в соглашениях и контрактах по реализации программ и проектов Фонда.

В Фонде будет создан *Научно-технический совет* в целях предотвращения внезапного появления новых и неизвестных ранее угроз, определения направлений научно-технической политики, проведения экспертизы проектов (перед началом работ и текущую), вынесения заключений о соответствии характеристик и ожидаемых результатов требованиям потребителя, и заключений о реализуемости проекта указанных выше задач. Члены НТС Фонда должны удовлетворять следующим требованиям: независимый подход к оценке научно-технических программ, высокий уровень осведомленности в области возможностей и ограничений новых технологий, понимания технологических возможностей научно-промышленной инфраструктуры, подробная осведомленность о потребностях Вооруженных сил в области современной техники. Таким образом, в Совет должны войти 1) представители конечных потребителей результатов исследовательских программ, которые в итоге возьмут на себя эксплуатацию изделий, 2) исследователи в области опережающих технологий, способные спрогнозировать возможности перспективных технологий 3) представители наукоёмкой промышленности, на плечи которых, в конечном счете, ляжет технологическая доработка и внедрение проектов.

## 6. Сопровождение проектов вплоть до принятия на вооружение

Основной особенностью Фонда может стать использование своего особого положения для сопровождения проектов от появления потребности в решении определенной проблемы до конечной постановки образца на вооружение, либо организация серийного производства изделия в интересах госзаказчика и, возможно, также и сторонних потребителей.

Сопровождение проектов на этапах, последующих опытно-конструкторским работам, осуществляется Фондом на правах *межведомственного куратора*, который может вмешаться при решении принципиальных проблем.

*Коммерциализация* проектов является эффективным инструментом, позволяющим быстро довести до стадии производства проекты со сложной бизнес-моделью, например, в области информационных технологий или биотехнологий. В области коммерциализации Фонд сопровождает весь процесс, связанный с уточнением назначения технологий, получением рабочего прототипа, оценкой эффективности его использования – тем самым сопровождая весь процесс подготовки исполнителем документов до принятия решения о дальнейшей судьбе проекта.

*Завершение работ по сопровождению* проекта оформляется либо инвестиционным решением о создании производства, либо декларацией с научной или промышленной организацией, либо протоколом о завершении всех работ по проекту.

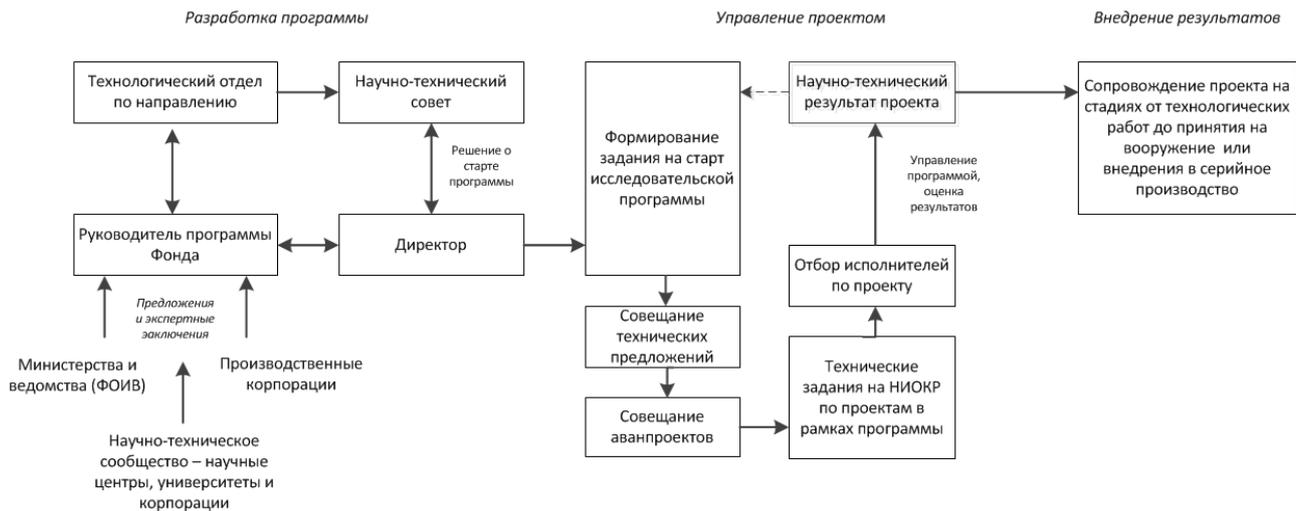


Рис 9. Жизненный цикл исследовательской программы

## 7. Независимость в принятии решений

Свобода действий для достижения целей позволят Фонду использовать надведомственные механизмы и варьировать средства достижения результатов – возможности, которых нет у смежных структур. Эта свобода и вариативность особенно важна на трех уровнях:

- Финансирование программ,
- Содержание условий соглашений и контрактов,
- Распоряжение результатами интеллектуальной деятельности.

### 1) Финансирование программ.

Финансирование утвержденных программ производится из бюджета Фонда в рамках утвержденных положений о порядке конкурсных процедур, в которых необходимо предусмотреть следующие положения:

- бесконкурсное заключение контрактов на аналитические или прогнозные работы и поисковые НИР в размере предельного лимита;
- возможность заключения контрактов с гибкими условиями, например, с плавающей ценой контракта и свободой в распоряжении правом на интеллектуальную собственность;
- сложные контракты, подразумевающие обязательства как заказчика так и исполнителя, непосредственно не связанные с выполнением требований представленного Технического задания.

### 2) Содержание условий соглашений и контрактов.

В своей работе Фонд может использовать три основных типа научно-исследовательских работ, выполняемых по соглашениям о грантах или контрактам различных типов:

- Предварительная аналитическая работа (АР), в случае, когда работа не может быть выполнена руководителем программы и его ассистентами в необходимое время. В этом случае работа выполняется исследователями из университетских лабораторий и научных центров. Включает в себя обзоры современных

технологий на основе иностранной литературы, ответы на интересующие Фонд вопросы.

- Поисковый этап научно-исследовательских работ (ПНИР). Заключается с целью проведения решающих экспериментов и апробации заявленных в техническом задании программы технологий. Как правило, выполняется коллективами в университетских лабораториях, научных центрах или в малых инновационных компаниях.
- Прикладной этап научно-исследовательских работ или опытно-конструкторские работы (ПрНИР/ОКР). Создание работоспособного образца и выполнение программы его испытаний. Выполняется консорциумом в составе предприятий, университетов, инновационных предприятий.

Фонд в своих контрактах может использовать гибкие условия финансирования, многие из которых будут уникальными для России:

- Гранты на научные исследования – стимулирующие начало поисковых работ в новом, совершенно не апробированном направлении силами небольшой научной группы.
- Контракты на НИР – стандартные по форме договоры, в рамках которых может быть создана интеллектуальная собственность, закрепляемая за исполнителем или заказчиком, или передающаяся третьим лицам. Использование результатов и обязанностей сторон определяется специальными условиями в тексте договора.
- Контракты на ОКР с софинансированием – подразумевают дополнительные права и обязанности исполнителя, с передачей прав на результаты работы исполнителю, с передачей заказчику неисключительных прав, либо устанавливающих исполнителю специальные условия по внедрению результата в производство, созданию малого предприятия с зафиксированными условиями бизнес-модели и т.д.

### 3) Распоряжение результатами интеллектуальной деятельности.

Основной задачей Фонда является разработка прототипа, проведение его испытаний, постановка в серию и принятие на вооружение. Эта задача потребует значительной свободы в распоряжении результатами интеллектуальной деятельности НИОКР. В некоторых случаях необходимость постановки на производство может потребовать передачи всех исключительных прав частному производителю. В других – совместное использование, предоставление лицензий на неисключительные права и т.д.

Основные результаты интеллектуальной деятельности (РИД) по проектам Фонда - это изобретения, полезные модели, промышленные образцы, программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных микросхем. Секреты производства (ноу-хау) охраняются в особом режиме коммерческой тайны. Процедура оформления прав на РИД производится в соответствии с контрактом после проведения патентных исследований в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96. В случае принятия решения о стратегической важности реализации производственного проекта и передачи технологии уполномоченной на это структуре, должно быть разработано технико-экономическое обоснование и финансовая модель проекта.

**Выводы.**

1. Выделенный статус должен позволить Фонду транслировать стратегические задачи государства в конкретные научно-технические проекты поверх границ ведомственных НИОКР, осуществлять целеполагание и координировать развитие приоритетных межвидовых, междисциплинарных и межотраслевых научно-технических исследовательских проектов.

2. Вневедомственный статус структуры важен также с точки зрения независимости принятия решений и гибкости процедур: в т.ч. возможность безконкурсного заключения контрактов в ряде случаев, возможность составлять контракты кастомизированно, исходя из условий и особенностей каждого конкретного проекта – структура цены, этапы, сроки, результат и т.д; использовать для верификации параметров проектов все возможные средства, а не только утвержденные вышестоящей организацией; привлекать в качестве подрядчиков не только и не столько юриста, сколько конкретных ученых / разработчиков (по примеру РФФИ); обеспечивать максимальную гибкость в вопросах управления правами на результаты интеллектуальной деятельности (выбора оптимальных вариантов для возможностей дальнейшей постановки образца на производство).

3. Необходима ориентация на непрерывные коммуникации с научными сообществами, представителями промышленности и заказчиков. В т.ч.: использование современных коммуникационных технологий, таких как краудсорсинг; ориентация на международное научное и производственное сотрудничество; тщательная подготовка публичных материалов о Фонде и его программах. Соблюдение разумного баланса между конфиденциальностью и открытыми данными позволит одновременно привлекать выдающихся ученых и выполнять требования основного заказчика. Широкие коммуникации, выстраиваемые как в открытом, так и в закрытом режиме, позволят Фонду с одной стороны, постоянно находиться в курсе актуальных трендов, с другой – транслировать собственные потребности в передовых разработках на потенциальных исполнителей.

4. Повышению уровня конкуренции при организации разработок может способствовать также особый подход к организации конкурсных процедур, построенных на основе двухэтапных конкурсов для поисковых и прикладных НИР. Это, с одной стороны, существенно упрощает процесс подготовки конкурсной документации, с другой – повышает прозрачность и понимание сути конкурса.

5. С целью оперативной организации научных исследований, поставки необходимой аппаратуры и материалов, согласования уникальных научных экспериментов и т.п. необходимо выработать и принять специальные регламенты по взаимодействию с органами государственной власти и институтами развития (ФТС, полигоны и испытательная база МО, Минобрнауки и Минпромторг в части утверждения к финансированию тематик НИР и ОКР, Минздравсоцразвития в части проведения научных исследований, предклинических и клинических испытаний, Роскосмос в части проведения космических экспериментов, использования полигонов и испытательной базы; Ростатом в части доступа к ядерным материалам, проведения испытаний; Росстандарт в части использования экспериментальной радиоэлектронной аппаратуры и др., Сколково в части механизмов коммерциализации разработок).

6. В целом, ключевым ведомством для организации взаимодействия с Фондом является Система перспективных военных исследований и разработок Министерства обороны Российской Федерации. Организационное взаимодействие с промышленными предприятиями в части создания кооперации обеспечит утвержденная в 2013 году система Советов и Межведомственных рабочих групп Военно-промышленной комиссии при Правительстве РФ.

7. основополагающим фактором успеха Фонда является корпус штатных сотрудников – руководителей программ. Особенностью статуса руководителей программ беспрецедентная для государственных организаций гибкость в управлении проектами и прямая ответственность за успех программы.



I



II



III



IV



V

## V. Приоритетные направления исследований и разработок

Ключевыми операционными единицами научной деятельности Фонда станут исследовательские программы и конкретные проекты, реализуемые в рамках программ. Именно от качества проработки программ и проектов будет зависеть результативность и эффективность Фонда как инструмента технологического развития страны, ее вооруженных сил и промышленности.

### Исследовательские программы и их типы

**Исследовательская программа** – совокупность научно-технических подходов, сформулированная Фондом совместно с научным сообществом, с помощью которых возможно решение конкретной практической проблемы. В своей работе Фонд может структурировать свои исследовательские программы по трем основным типам:

1) Совершенствование существующих технологических процессов на существующих производствах (технологические) – целью которых является качественное повышение тактико-технических характеристик изделия за счет создания новой промышленной технологии, использования новой компонентной базы (в качестве примера см. кейс **«Каскадные наногетероструктурные фотопреобразователи для космических солнечных батарей нового поколения»**, приложение №1). Взаимодействие с головным предприятием-разработчиком, производственными предприятиями (и их цепочкой поставок), эксплуатационными службами ГОУ Генерального штаба и округов.

2) Реализация в виде промышленного образца существующей технологии, требующей доработки (прикладные) – целью которых является создание изделия на основе глубокой научно-исследовательской или опытно-конструкторской работы для прохождения государственных испытаний. Подобные работы отличает высокая скорость получения результата на основе существующего промышленного задела, не требующего кардинально новых научных и технологических принципов.

3) Создание техники нового поколения на основе перспективных технологий (фундаментальные) – целью которых является проведение исследовательской работы от формализации проблемы до завершения ОКР по созданию опытного образца. В данном случае высокий риск старта работы без обоснования реализации проекта на существующей технологической базе и как следствие – без формализованного технико-экономического обоснования, компенсируется повышенными либо качественно новыми тактико-техническими характеристиками.

### Критерии отбора проектов. Баланс риска и отдачи

**Проект** – предложенное исполнителем решение конкретной технической проблемы в рамках программы, выраженное в форме технического задания, плана работ, обоснования бюджета и других документов. В каждом случае для оценки реалистичности и результативности проектов и программ будут необходимы свои **критерии выбора**, исходя из следующего списка:

1. Обоснование необходимости старта программы – решаемая в ее рамках проблема является важной и ее решения могут существенно повысить оборонный потенциал.

2. Наличие доводов в пользу предлагаемого пути решения проблемы, включающее анализ зарубежных источников информации, анализ альтернативных вариантов, обоснование реалистичности сроков разработки и внедрения.

3. Предлагаемые к разработке технологии, в случае их успешной реализации, окажут серьезное влияние на междисциплинарные области в широком диапазоне дисциплин.

4. Наличие российских головных разработчиков, способных реализовать программу в виде одного или нескольких научно-технических проектов, с привлечением широкой научной кооперации, в том числе, при необходимости, и зарубежных соисполнителей.

5. Подготовленные проекты основаны на новых технологиях или физических принципах, совершенствование и отработка которых позволят добиться принципиально новых возможностей.

6. Необходимость разработки предлагаемых технологий может быть обоснована проведением proof-of-concept – решающего эксперимента, доказывающий правильность концепции, который может быть подготовлен и поставлен при необходимости.

7. По результатам этапа научно-исследовательской работы должен быть подготовлен анализ проведенных в организациях страны прикладных работ, исключающий возможность дублирования когда-либо уже проведенной работы, а также планируемых к осуществлению работ по программам министерств и ведомств.

8. Предложенный проект может добиться конкретного применения в виде постановки на вооружение в ближайшие 10 лет.

9. Реализация проекта способствует кооперации и установлению новых связей между наукой, промышленностью, заказчиком и бизнес-структурами.

10. Наличие у потенциального исполнителя проработанного комплекта материалов по проекту – научный обзор состояния дел по данной области в мире, техническое задание на проведение ПНИР, ПрНИР или аванпроект, проект плана необходимых действий (дорожная карта) по доведению до постановки на вооружение, анализ рисков (SWOT-анализ).

*В сфере интересов Фонда должны находиться, прежде всего, те проекты, которые в силу объективных причин не могут быть реализованы в рамках существующих целевых программ и программ научных фондов.*

Один из критериев оценки проектов, предполагает их отбор в координатах **«Уровень технологического риска – Уровень значимости для Вооруженных сил»**. Совместное использование таких критериев должно отдавать предпочтение тем проектам, которые имеют одновременно и высокие риски, и высокую отдачу (см. Кейс **«Мощные импульсно-периодические лазеры с высокой частотой повторения импульсов и их новые применения»**, приложение № 2) и обеспечивают, таким образом, прорывные достижения. Опыт зарубежных стран говорит о том, что такими проектами являются долгосрочные междисциплинарные и межведомственные проекты, которые используют более половины проектного финансирования.

Проекты с низким риском и высокой отдачей (см. Кейс **«Отечественная технология полупроводникового секвенирования ДНК»**, приложение № 3) – имеют

в своей основе, главным образом, адаптацию и применение готовых решений к актуальным потребностям обороны и безопасности, которые лежат на пересечении сфер ответственности военных ведомств. На эти проекты в общем случае отводится до 20% финансирования, но объем финансирования подвержен значительным колебаниям в зависимости от текущих задач.

Проекты с высоким риском и низкой отдачей также получают примерно 20% инвестиций. К таким проектам относится разработка технологий двойного назначения, нишевых технологий, создание новых технологических областей, имеющих оборонное значение.

### Перечень приоритетных программ

Главным ориентиром перспективного технологического уклада, контуры которого сегодня только начинают вырисовываться, является резкое повышение эффективности решений, достигнутых в ходе развития индустриальной цивилизации. Современная медицина, энергетика, робототехника и ряд других отраслей получают новый импульс развития благодаря открытиям и разработкам последних лет, переворачивающим представления о границах человеческих возможностей. В данной главе представлены несколько групп технологий, по нашему мнению, наиболее полно выражающих суть нового технологического уклада и являющихся во многом опорными. Развитие этих отраслей обеспечит достаточный потенциал для решения многих смежных задач.

Этот список далеко не исчерпывающий (ряд других перспективных направлений представлен в приложениях к докладу), но он дает определенное представление о возможностях и горизонтах планирования.

На первом месте в перечне поставлены биомедицинские технологии, и это не случайно, учитывая огромные средства вращающиеся в современной медицине, и огромную цивилизационную значимость этой сферы, в том числе для военного применения. Высоким значением как в военной, так и в гражданской сфере обладают группы технологий, касающиеся робототехники, транспортных систем, энергетики. Развитие этих отраслей обеспечит резкое повышение КПД человеческого труда, более эффективное расходование ресурсов – как материальных, так и временных – и, потенциально, освоить новые источники ресурсов (космическое пространство).

#### 1. Биоинженерия органов человека

**Актуальность.** Ежегодно в мире выполняется 100 тысяч трансплантаций органов и более 200 тысяч – тканей и клеток человека. Из них до 26 тысяч приходится на трансплантации почек, 8-10 тысяч – печени, 2,7-4,5 тысячи – сердца, 1,5 тысячи – легких, 1 тысяча – поджелудочной железы. Лидером среди государств мира по количеству проводимых трансплантаций являются США: ежегодно американские врачи выполняют 10 тысяч пересадок почек, 4 тысячи – печени, 2 тысячи – сердца. В России ежегодно производится 4-5 трансплантаций сердца, 100-120 - печени, 500-800 - почек. Этот показатель в сотни раз ниже потребности в данных операциях.

Согласно исследованию американских экспертов, расчетная потребность количества трансплантаций органов на 1 млн. населения в год составляет: почка – 74,5;

сердце – 67,4; печень – 59,1; поджелудочная железа – 13,7; легкое – 13,7; комплекс сердце–легкое – 18,5.

Хроническая нехватка донорских органов, доступных для трансплантации, длительность ожидания операции, срочность операции после изъятия органа, исключительная дороговизна традиционной пересадки органов и проблемы иммуносовместимости донорских тканей создают необходимые предпосылки для поиска альтернативных, более экономичных и эффективных стратегий трансплантации органов.

В основе программы перспективных исследований может лежать простая мысль *«Российские граждане больше не будут внезапно умирать от последствий несчастных случаев, ранений или осложнений заболеваний»*.

**Реализация программы.** Цель программы – создание технологий экстренного спасения жизней в ситуациях, когда существующие биомедицинские технологии уже бессильны: в случаях потери жизненно важных органов в результате ранений, инфекций или развития злокачественных новообразований.

Научная задача – выращивание органов и тканей из собственных клеток человека методом воссоздания натурального органа: нанесения клеточного покрытия на децеллюляризованный белковый или синтетический каркас с использованием ростовых факторов для управляемой дифференцировки стволовых клеток.

Реализация программы по разработке технологий создания органов человека (печень, почка, б-клетки поджелудочной железы, пищевод, мочевого пузырь, трахея и легкое) путем управляемой дифференцировки стволовых клеток на натуральном белковом или синтетическом каркасе – имеет под собой существенную научную основу. Разработчики проекта должны будут решить вопросы направленной дифференцировки клеток-предшественников и процессов ангиогенеза в биоинженерных органах. Необходимо отработать способы трехмерного формирования белковых или биodeградируемых каркасов различных масштабов. В области биохимии необходимо получить технологию производства коктейлей ростовых факторов и инкубационной сыворотки для различных стадий развития органов. В рамках программы потребуется разработка аванпроекта на создание и применение клеточного биопринтера для автоматизации отдельных этапов производства. Отдельный интерес представляют возможности бескаркасной технологии получения органов в условиях невесомости; технологии консервации и длительного хранения готовых органов; обобщение решений проблем индуцированной плюрипотентности стволовых клеток.

Головной организацией по программе может стать ФМБЦ им. А.И.Бурназяна или Институт медико-биологических проблем РАН. Кооперация по программе потребует сотрудничества ученые и организаторы науки из институтов Российской академии наук – в первую очередь Института биологии развития, научных учреждений РАМН, МГУ, ГК «Ростех», МФТИ, Курчатовского института, Первого МГМУ, учреждений Федерального медико-биологического агентства, ГВКГ им.Н.Н.Бурденко и других. В области международного сотрудничества актуальной проблемой станет привлечение нескольких ведущих мировых специалистов в области регенеративной медицины (Harvard medical school и Wake Forest Institute for Regenerative Medicine), в качестве научных руководителей и главных конструкторов систем в российские вузы или медицинские центры.

В 2013 году Министерством обороны объявлен проект опытно-конструкторских работ по созданию биоинженерной печени человека (шифр «Прометей»).

**Критические технологии:**

- разработка механизмов дифференцировки и трансдифференцировки клеток, в том числе методами генной инженерии;
- моделирование тканей и органов вне организма (тканевая инженерия), включая разработку методов трехмерного культивирования клеток с целью выращивания тканей и органов для трансплантации;
- разработка технологий трансплантации стволовых и направленно дифференцированных клеток с искусственным внеклеточным матриксом.

**Результаты программы.** Результатом программы станет технология выращивания сложных органов человека из собственных клеток. Успешная реализация программы позволит приступить к формированию аванпроекта по бескаркасному выращиванию органов в инкубационной среде из подготовленной группы клеток-предшественников. Результаты работ по программе потенциально могут быть внедрены в практику изначально в системе Федерального медико-биологического агентства, с отработкой клинической практики работы с новым типом транспланта. Дальнейшая координация работ по данной программе, возможно, потребует разработки специальных нормативных актов в рамках действующего законодательства – и уже дальнейшую практику внедрения в деятельность учреждений Министерства здравоохранения России.

Коммерциализация разработанных технологий, в том числе для их продвижения за рубежом, будет возможна, например, путем формирования консорциума, который может включать в себя компании ОАО «РТИ», ОАО «РТ-Биотехпром», венчурный фонд «Биопроцесс Капитал» и т.д.

**2. Производство человеческой крови**

**Актуальность.** Переливание крови является одной из наиболее распространенных медицинских методик. 96 миллионов переливаний совершаются ежегодно для терапии острого кровотечения или хронической анемии, или для облегчения сложных хирургических вмешательств. Тем не менее, существует ряд сложностей. Первой из них является нехватка донорской крови. По оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в мире у доноров ежегодно берется 80 млн. единиц крови, в то время как потребность в крови и ее компонентах постоянно растет. Второй проблемой является передача инфекции при переливании крови. Хотя в развитых странах очень низкая вероятность передачи вирусов, таких как ВИЧ, гепатит В, гепатит С, в развивающихся странах эта проблема значительна. Третья проблема это несовместимость крови. Возникают трудности при переливании крови некоторым пациентам, что связано с различием антигенов группы крови между пациентом и донором. В ряде случаев при переливании необходимо учитывать наличие и других антигенов, например, Kell.

Современный подход к переливанию крови состоит в компонентном переливании (плазма, эритроцитарная масса, лейкоцитарная масса, тромбоцитарная масса, отмые эритроциты, тромбовзвесь, криопреципитат и другие более редкие компоненты). Кровь переливают строго по совпадению группы крови и резус фактора. Несмотря на то, что некоторое время назад считалось, что первая группа крови с отрицательным резус-

фактором является универсальной для всех групп, с открытием разновидностей агглютиногенов это мнение было признано неверным.

Создание синтетических кровезаменителей (например, таких как перфторан), несмотря на то, что в ближней перспективе решает задачу выживания человека, в отдаленной перспективе вызывает пока еще слабо изученные побочные эффекты. Создание искусственной крови, идентичной натуральной не только могло бы радикально решить проблему нехватки донорской крови, но и создавать клеточные продукты для терапии конкретного человека.

Основным показанием применения эритроцитной массы является значительное снижение числа эритроцитов и, вследствие этого, - кислородной емкости крови, наступающее в результате острой или хронической кровопотери или неадекватного эритропоэза при гемолизе, сужении плацдарма кроветворения при различных гематологических и онкологических заболеваниях, цитостатической или лучевой терапии.

Показанием к переливанию тромбоцитной массы может быть снижение функциональной активности тромбоцитов при длительности кровотечения, превышающий верхний предел нормы более чем в 2 раза. Определенные перспективы имеет переливание генно-инженерных Т-лимфоцитов для борьбы с ранее неизвестными типами инфекционных агентов и онкологическими заболеваниями.

**Реализация программы.** Цель программы — создание технологии производства безопасной и нетоксичной искусственной крови, идентичной донорской.

Научная задача – создание технологий получения клеточных продуктов человека в нужном месте и необходимом количестве вне организма. В том числе путем биоинкубации клеточных продуктов, полученных управляемой дифференцировкой из клеток-предшественников. Прорыв в клеточных технологиях в последние годы показал, что существует возможность трансдифференцировки эритроцитов из фибробластов кожи человека, что является наиболее перспективным направлением создания искусственной крови.

Кооперация по программе может включать Военно-медицинскую академию, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России, Гематологический научный центр Министерства здравоохранения (вопросы гематологии, трансфузиологии и интенсивной терапии), Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН (оборудование масштабного производства клеточной массы), ГНЦ ВБ «Вектор», Институт стволовых клеток человека в Санкт-Петербурге (генная терапия) и промышленную кооперацию по производству оборудования подготовки различных типов клеточных продуктов, в том числе персонализированных – для переливания в случае обширных ранений.

Использование указанной разработки возможно не только в военно-полевых госпиталях, военно-медицинских учреждениях, но и в сугубо гражданской среде – системе «Скорой помощи» и реанимациях медицинских учреждений. Практическую апробацию такие установки могли бы пройти при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, в том числе и за рубежом. В частности по программам Красного креста при поддержке МЧС, а на территории СНГ – при поддержке сил Организации договора о коллективной безопасности (ОДКБ).

#### **Критические технологии:**

- создание персональных клеточных препаратов на основе индуцированных плюрипотентных стволовых клеток;

- разработка технологий выделения и выращивания культур клеток с заданными свойствами, в том числе стволовых и прогениторных клеток;
- разработка технологий культивации гемопоэтических стволовых клеток с последующей направленной дифференцировкой в различные типы клеток крови.

**Результат программы.** Результат реализации программы – создание технологии производства человеческой крови путем размножения и дифференцировки клеток в биореакторе в автоматическом режиме. Данный подход должен привести к созданию мобильной установки размером не более стандартного транспортного GP-контейнера (размерами 6,058/2,438/2,591 м), способной к производству около 100 кг эритроцитарной массы в сутки, производства делящейся массы клеток-предшественников тромбоцитов и подготовки генно-инженерных препаратов.

### 3. Криоконсервация

**Актуальность.** Глобальная потребность в научно-технологичных прорывах и обеспечении доступа к человеческим органам, как донорским, так и биоинженерным, для их трансплантации как никогда велика сегодня. Потенциальная ценность развития технологий криосохранения и восстановления человеческих органов огромна по нескольким причинам.

Во-первых, данные технологии позволят длительное время сохранять внутренние органы человека, имеющие небольшое временное окно поддержания жизнеспособности после изъятия у донора. Это позволит значительно повысить эффективность и понизить стоимость замены органов и в тоже время снять существующие географические и временные ограничения при трансплантации органов.

Во-вторых, благодаря растущим достижениям в области тканевой инженерии, криоконсервация может также обеспечить возможность хранения и замены органов, созданных из стволовых клеток самих пациентов, вместо того, чтобы дожидаться подходящего донора.

В-третьих, прогресс в области криоконсервации человеческих органов будет иметь важное значение для специалистов в различных сопутствующих дисциплинах, например, технологиях клеточной терапии и восстановления регенеративных способностей.

В настоящее время разработаны и успешно применяются в медицине, сельском хозяйстве и научном эксперименте методы криоконсервации клеточных культур, тканей (кровь, сперма), ранних (преимплантационных) эмбрионов. Использование существующих технологий на изолированных органах показало плохую переносимость криоконсервации, методы криоконсервации целых органов еще не разработаны, эффективность их низкая. Случаи успешной трансплантации криоконсервированных органов редки, как правило, в таких случаях речь может идти не о восстановлении после размораживания целого органа, а о присутствии в размороженном органе отдельных областей живой ткани - после криоконсервации выживает не орган как единое целое, а участки ткани, которые могут после трансплантации успешно прижиться (например, при трансплантации размороженной яичниковой ткани). В то же время, развитие клеточных технологий показывает принципиальную возможность восстановления функциональности органа при минимально инвазивной терапии.

Случаи успешной криоконсервации теплокровных животных (в том числе человека) до сих пор не зафиксированы.

Создание технологий криоконсервации могло бы уже в самое ближайшее время решить проблему хранения донорских органов – путем создания банков соответствующих органов. В настоящее время хранения органа при +4 С от изъятия у реципиента до пересадки донору не превышает 24 часов. Развитие технологий криоконсервации могло бы увеличить время хранения до 1 года и более.

**Реализация программы.** Цель программы – сохранение донорских органов в течение нескольких месяцев при низкой температуре для последующей пересадки по необходимости.

Научная задача – создание технологии длительного низкотемпературного хранения и последующего восстановления человеческих органов, предназначенных для последующей трансплантации. Существующие технологии требуют операции по пересадке органа в течение 24 часов после изъятия у донора.

Внедрение полученных результатов предположительно потребует изменения законодательства в области трансплантологии в части изъятия, контроля обращения с донорскими органами. Коммерциализация результатов программы возможна за счет создания коммерческих биобанков персональных органов и тканей, выращенных для конкретного пациента, наработанных клеток кожи и других клеточных продуктов.

Реализация проекта возможна при кооперации Министерства обороны и Министерства здравоохранения. Головная организация – Институт медико-биологических проблем или ГНЦ «Курчатовский институт». Кооперация по программе включает в себя Институт биофизики клетки РАН (криопротекторы), Казанский государственный медицинский университет (технологии криоконсервации), Федеральный центр сердца, крови и эндокринологии им. В.А. Алмазова в Санкт-Петербурге (биобанк хранения клеточных продуктов и органов), ОАО «Криогенмаш» (производство опытной линии), а также привлечение зарубежной кооперации в части разработки опытных образцов оборудования.

#### **Критические технологии:**

- создание техники поддержания необходимого температурного режима с минимальным градиентом;
- разработка методов предотвращения рисков повреждения тканей при криоконсервации;
- создание новых типов тканеспецифичных криопротекторов;
- создание технологий тканевой инженерии для восстановления прошедших криоконсервацию органов.

**Результат программы.** Создание технологии подготовки и длительной криоконсервации органов человека (сердце, печень, почки), технологии функционального восстановления для пересадки реципиенту, создание прототипа линии подготовки и установки организации длительного хранения органов.

#### **4. Реанимационный робот**

**Актуальность.** В настоящее время основным принципом оказания помощи раненому в войсках является оперативная его доставка в госпиталь. При этом раненые умирают или попадают в госпиталь в состоянии, когда медицина уже бессильна. Это происходит потому, что при большинстве боевых ранений очень быстро — всего за 5-

10 минут развивается серьезное и смертельное осложнение — шок. Он приводит к расстройству дыхания и сердечной деятельности. В медицине есть понятие «золотого часа»: если в течение первого часа раненому оказать полноценную медицинскую помощь, то выживает 90%. Если помощь оказывается через два часа, выживет 10%.

Создание полностью роботизированной системы оказания срочной медицинской помощи непосредственно на поле боя и подготовки для последующей эвакуации, могло бы не только существенно снизить потери, но и вынести военно-полевую и экстренную медицину на совершенно новый уровень.

Современные достижения в области реанимационной робототехники предполагают создание систем оказания срочной медицинской помощи непосредственно на поле боя. Программы испытаний роботов-хирургов включают введение пластиковой трубки в поврежденный кровеносный сосуд и оперирование раны в брюшной полости. Среди требований к аппаратному комплексу - размещение в контейнере, автомобильная транспортировка, разворачивание по мере необходимости для оказания помощи, манипуляций для проведения внутривенных инъекций, постановка капельницы для медикаментозного лечения, отбор и распределение соответствующих хирургических инструментов, проведение мониторинга основных показателей жизнедеятельности организма раненого бойца, и поддержание стабильного состояния, включая искусственную вентиляцию легких и снабжение медикаментозными препаратами.

Эвакуационные модули разрабатываются специально для обнаружения и безопасной транспортировки пострадавших с места происшествия, в том числе в автономном режиме. Навигация осуществляется с помощью встроенных ультразвуковых датчиков и инфракрасных камер. При обнаружении пострадавшего производится его погружение в специальный безопасный бокс для транспортировки и последующей эвакуации.

**Реализация программы.** Цель программы – создание робототехнического средства спасения раненых или пострадавших в катастрофах, способного не только остановить кровотечения, непрерывно проводить необходимый мониторинг здоровья, зафиксировать шейный отдел в случае переломов, но также ввести человека в состояние искусственной комы, либо «гибернации», специальной газовой смесью, растянув таким образом «золотой час».

Главным исполнителем по проекту может стать ЦНИИ РТК или МГТУ им.Баумана, исполнителями – МИСиС и Институт синтетических полимерных материалов РАН (специальные материалы и полимеры), ИВНД РАН (интерфейс с периферической нервной системой), МФТИ (система анализа крови), ИНЭУМ им. Брука (компактное устройство ЭЭГ мозга), ИМБП РАН (гибернация), Институт скорой помощи им.Склифосовского (искусственная кома). В качестве представителей заказчиков при формулировке технических заданий и испытаний подсистем необходимо рассматривать не только Военно-медицинское управление Министерства обороны России, но и соответствующие управления Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС).

Отдельной задачей является разработка электронных эвакуационных носилок и эвакуационного модуля в целом. Роботизированный комплекс должен быть в состоянии находить, опознавать и эвакуировать раненых под вражеским огнем без участия других военнослужащих или с минимальным участием с их стороны. От перспективного эвакуатора требуется способность передвигаться в различных

ландшафтах (город и городские здания, включая лестничные марши, джунгли, горная местность и т.д.).

Перспективные манипуляторы робота должны быть приспособлены к работе с пострадавшими, получившими различные повреждения и находящимися в различных позах, их транспортировка должна осуществляться без риска причинения дополнительного вреда здоровью. Еще одно требование – возможность обеспечивать дистанционный контакт раненого с медицинским персоналом, либо способность самостоятельно проводить первичную оценку состояния пострадавшего. Разработчикам предлагается сосредоточить усилия как минимум на одной из перечисленных технических характеристик устройства. В России передовые технологии мобильного реанимирования ранее были представлены в хирургическом комплексе на базе самолета Ил-76МД "Скальпель-МТ" (МЧС).

В 2013 году Министерством обороны РФ начата реализация одной из систем реанимационного робота – активной ультразвуковой манжеты для остановки кровотечения (шифр «Пчела»), которая должна автоматически сдавливать место повреждения для первичной остановки кровотечения, искать источник кровотечения, а затем останавливать кровотечение, в том числе из крупных кровеносных сосудов.

#### **Критические технологии:**

- технологии малоинвазивной диагностики – анализ основных показателей жизнедеятельности;
- разработка аппаратно-технического обеспечения оперативных вмешательств;
- создание адаптивных манипуляторов с обратной связью, в том числе из функциональных и интеллектуальных активируемых материалов;
- разработка средств реанимационной поддержки и систем мониторинга функционального состояния организма;
- химические средства замедления метаболизма, введения в искусственную кому.

**Результат программы.** Создание роботехнического аппарата-паука для оснащения либо военно-полевых медицинских групп, либо использования как составной части роботизированного эвакуационного комплекса. Отдельные разработанные компоненты могут быть с успехом использованы в системе здравоохранения – медицине катастроф и реанимационных группах.

#### **5. Промышленная технология производства материалов и компонентов топлив «по требованию»**

**Актуальность.** В условиях отсутствия необходимого производственного сырья или дефицита его источников, проблем с транспортировкой и невозможностью расчета на стороннюю помощь, задача обеспечения топливом и функциональными материалами должна решаться техникой нового поколения. Синтетическая биология представляет собой новейшее направление генной инженерии, которое объединяет передовые области исследований с целью проектирования и построения новых, в том числе несуществующих в природе биологических функций.

Последние достижения в области генной инженерии промышленных микроорганизмов позволяют перейти к созданию программируемых функциональных биосистем. Совершенствование инженерной биологии проектирования живых машин подразумевает под собой проектирование функционала промышленных микроорганизмов с использованием комплекса программного обеспечения, высокопроизводительного моделирования компонентов промышленных биосистем,

испытаний и отладки характеристик спроектированного генома в виртуальной среде, синтеза и трансформации разработанной ДНК в модельный микроорганизм.

Принципы молекулярной генетики и методы генетической инженерии для создания функциональных биосистем и живых устройств по своему функционалу похожи на аналогичные технологии проектирования электронных устройств.

Коммерческая синтетическая биология включает в себя создание технологий переработки отходов; производство материалов, топлива и химических соединений «по требованию»; модификация клеток живых организмов в терапевтических целях. Крупнейшими производственными компаниями в данной отрасли являются Blue Heron (синтез генов, США), Genscript (биофармацевтика, США), Scarab Genomics (клеточные фабрики, США), Gevo (биотопливо, США), Chromatin Inc. (агротехнологии, США), LS9 (биотопливо, США), Synthetic Genomics (энергетика с British Petroleum, США), Greenfuel Technologies Corporation (биотопливо, США), GENEART (синтез генов, Германия), Genencor (продукты питания, Дания).

Достигнутые результаты убедительно доказывают возможность эффективного производства конструкционных материалов и топлив на основе методов синтетической биологии и промышленной биотехнологии при целенаправленном конструировании и оптимизации свойств функциональных микроорганизмов как «живых фабрик».

**Реализация программы.** Цель программы – производство средствами биотехнологии необходимых материалов – топлива, продуктов, конструкционных материалов, из имеющегося сырья и в нужном количестве.

Научная задача - разработка технологий промышленного биологического синтеза сложных химических соединений в генетически модифицированных микроорганизмах за счет унифицированной системы компонентов генома, технологий ферментации и промышленной очистки.

Головной организацией по программе могла бы стать Институт биоорганической химии РАН. Передовые исследования в области геномики прокариот, секвенирования, синтеза длинных участков ДНК в настоящее время проводят научные группы в Институте цитологии и генетики СО РАН, Научно-исследовательском институте физико-химической медицины (ФГУ НИИ ФХМ), Центре "Биоинженерия" РАН, Санкт-Петербургского политехнического университета, Новосибирского государственного университета, Пущинском биологическом центре, Институте химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН.

Созданные в результате программы средства управления экспрессией, эпигеномом, транскриптомом, метаболомом, которые позволяют свободно оперировать живыми клетками, в перспективе серьезно повлияют на промышленное производство на основе биосистем.

#### **Критические технологии:**

- совершенствование технологий получения биоконструкционных материалов и поиск новых микроорганизмов, обладающих необходимыми свойствами;
- изучение возможности и отработка методов совместного культивирования прокариот для обеспечения замкнутого цикла получения функциональных материалов и компонентов топлив;
- создание комплексов автоматизированного проектирования биологических систем – интегрированных программных средств синтеза ДНК и РНК элементов;
- создание технологий измерения параметров единичной клетки;

■ создание технологий проектирование низкоуровневой архитектуры функциональных бактериальных культур (E.coli) с использованием специализированной САПР.

**Результат программы.** Создание современных информационных технологий проектирования функциональных биологических систем в инструментарии синтетической биологии и программных средствах на основе постгеномных технологий – от высокоуровневого описания до реализации в синтезированных функциональных участках генома (программное обеспечение); разработка и производство специальных сред для промышленного роста культур (биохимия); создание промышленных ферментеров объемом до 100 000 литров и систем очистки продуктов, в том числе построенных по модульному принципу.

В результате программы могут быть отработаны технологии промышленного производства методом ферментации: производственных материалов (биоизопрен) и компонентов топлива из целлюлозы (биодизель).

## 6. Интегрированные сетевые технологии и разумные сети управления.

**Актуальность.** Концепция C5ISR (Command, Control, Communications, Computers, Combat systems, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance) подразумевает создание интегрированных сетевых систем управления, связи, сбора разведанных, наблюдения, разведки местности и передачи данных, для интеграции сил и средств в едином информационном поле. Таким образом, системы управления, выстроенные согласно такой концепции, обеспечивают решающее превосходство над любыми противниками за счет оперативных действий распределенных сил, объединенных в единое целое высокоэффективными сетевыми системами обработки и управления информацией.

В настоящее время перед разработчиками систем C5ISR помимо традиционных задач (увеличение пропускной способности каналов передачи данных, повышение производительности инфокоммуникационного оборудования, совершенствование помехозащищенности и шифрования) встают проблемы нового поколения. Наиболее актуальными из них являются – обработка сверхбольших массивов данных, динамические многофакторные модели и системы принятия решений, внедрение единых стандартов обработки и передачи разнородных данных, создание сложных средств визуализации и отображения информации для операторов.

Интеграция инфокоммуникационных систем позволяет не только оптимизировать процессы управления, и достичь нового качественного уровня при реализации процессов сбора, обработки и анализа больших объемов данных в режиме реального времени. В целом, концепция C5ISR являются реализацией доктрины NCW (network-centric warfare) для достижения информационного превосходства путем значительного снижения удельной скорости обработки потоков данных, и ставит перед собой технологические вызовы существенного увеличения объемов обмена информацией (без потерь качества и снижения достоверности определения ситуационной обстановки) и роста производительности вычислений при обработке инцидентов (повышая боеспособность).

**Реализация программы.** Цель программы – создание технологий оперирования совокупностью объектов, средств и систем, как единым управляемым пространством, в частности сведением информации (технологии C4ISR+), развитием технических средств связи, тактической разведки и обработки информации, а также методов

сведения результатов разнородных средств мониторинга и наблюдения, прогнозов и моделирования.

Научная задача – построение математических моделей «system-of-systems» (система систем, суперсистема) и реализация в виде информационных комплексов, представляющих собой совокупность проблемно-ориентированных или специализированных систем, объединенных воедино своими ресурсами и возможностями, для создания новой, более сложной системы, которая сможет предложить большую функциональность и производительность, чем просто сумма составляющих компонент.

В настоящее время направление "системы систем" является стратегически важной исследовательской дисциплиной, для которой еще не созданы удовлетворительная теория, принципы построения системы классификации, количественного анализа, инструменты и методы проектирования.

Решение данной задачи потребует привлечения кооперации из головного предприятия – им может стать ОАО «Концерн «Созвездие» или ОАО "Системы управления", в качестве кооперации – ЦНИИСУ, ВНИИНС, Институт проблем управления РАН, Концерн «Системпром», ОАО "РТИ", Концерн ПВО "Алмаз-Антей", Институт системных исследований РАН, ИНЭУМ им.Брука, ОАО «ИТМиВТ» и ЗАО «МЦСТ».

Отдельным направлением является создание компонентной базы на основе нейрочипов для систем обработки данных с большого количества датчиков и камер, способного к самообучению и расширению вычислительной мощности (ГНЦ «Курчатовский институт», ИВНД РАН, МГУ). Данное направление включает исследование нейрогибридных устройств на основе культуры нервных клеток эмбрионов крыс, их клеток-предшественников и специальной подложки, и разработка технологии создания гибридных вычислительных узлов на базе биологических нейронов и коммуникационных электродов.

#### **Критические технологии:**

- многоспектральные системы формирования карты обстановки и составляющих объектов;
- технологии интерфейсов контроля, управления и коррекции действия сил и средств;
- технологий радио- и радиотехнической разведки и радиолокационных средств наблюдения детальной и обзорной радиолокационной разведки;
- технологий межвидовой информационно-управляющей системы оперативного и тактического звеньев с интеграцией функций разведки, РЭБ, опознавания, топогеодезического обеспечения и интегрированной системы спутниковой связи;
- технологии программно-аппаратных средств, функционирующих в реальном масштабе времени на основе гибридных микропроцессоров и коммутируемых каналов.

**Результат программы.** Преимущественное использование разработанных комплексов и систем для управления разведывательно-ударными и разведывательно-огневыми комплексами в составе наземных роботехнических средств и беспилотных летательных аппаратов, при наличии функционального интерфейса с Единой системой управления войсками тактического звена (ЕСУ ТЗ).

## 7. Новые транспортные системы

**Актуальность.** Развитие экономики исторически получало новый импульс после выхода на новые рубежи возможностей транспорта. В истории человечества можно выделить несколько «транспортных революций», повлекших за собой резкий рост производительных сил. Особенно ярко эта взаимосвязь проявилась в эпоху промышленной революции, когда сначала паровой двигатель, а затем двигатель внутреннего сгорания позволили за считанные десятилетия до неузнаваемости изменить облик планеты, введя в оборот целую вереницу новых транспортных средств, от парохода и паровоза до межконтинентального лайнера и автомобиля. Новые типы силовых установок – дизельные, газотурбинные, ядерные для флота, ТРД для авиации и прочие инновации сделали транспортные возможности человечества практически неограниченными – ничем, кроме атмосферы земли. Вместе с тем, созданная транспортная инфраструктура сама по себе несет ряд ограничений, препятствующих росту ее возможностей, что требует новых технологических решений.

**Реализация программы.** Создание гиперзвукового пассажирского самолета позволит совершенно изменить картину межконтинентальных сообщений и внутренних полетов на большие расстояния (запад страны – Владивосток, Камчатка). Создание коммерчески выгодного аппарата, обеспечивающего перелет до Петропавловска-Камчатского за 1 час, до западного побережья США – за два часа, в сочетании с созданием инфраструктуры скоростных поездов, способно «закрыть» всю действующую мировую авиаиндустрию, заставив начать конкуренцию в этой сфере с чистого листа.

Экранолет обеспечит сообщение с отдаленными районами, где нерентабельно создание развитой инфраструктуры традиционного воздушного транспорта или железных дорог. Скоростной вертолет позволит качественно повысить возможности армейской авиации и авиации ВМФ. Еще одним ценным приобретением как для военных, так и для гражданской инфраструктуры может стать развитие технологии конвертопланов. Эксплуатация V-22 Osprey в США при всех недостатках этой машины доказала перспективность самой технологии. В теории, по этой схеме может быть построен аппарат большей грузоподъемности с 4 и более роторами, способный перебрасывать грузы массой до 30-40 тонн. В условиях России и ближнего зарубежья подобный аппарат способен кардинально повысить транспортную связность удаленных районов со слабой инфраструктурой, перебрасывая войска и гражданские грузы на любую площадку, пригодную для посадки крупного вертолета.

### Критические технологии:

- Гиперзвуковой пассажирский самолет (суборбитальный аппарат)
- Скоростной вертолет
- Экранолет
- Тяжелый конвертоплан

**Результат программы.** Коренное изменение возможностей воздушного транспорта. Гиперзвуковые пассажирские самолеты обеспечат резкое сокращение затрат времени на дальние перелеты. В свою очередь, скоростные вертолеты, экранолеты, тяжелые и сверхтяжелые конвертопланы способны принципиально изменить представления о транспортной доступности многих районов – от горных ущелий до тайги и тундры. Рост транспортной связности России обеспечит как экономическое развитие страны, так и облегчит оборону ее рубежей.

## 8. Космический самолет

Первые достигшие эксплуатационной готовности проекты космопланов – челноков типа «Спейс Шаттл» оказались избыточными по возможностям и чересчур дорогими в эксплуатации в условиях, сложившихся после окончания Холодной войны. Те же недостатки заставили бы прекратить и эксплуатацию «Бурана», даже если допустить что эта программа не закончилась бы после первого запуска. Тем не менее, сама идея «космического самолета» - многоразового челнока, способного выполнять как военные, так и научные и коммерческие задачи, продолжает оставаться актуальной. В перспективе эта технология, при правильной реализации, позволит резко удешевить вывод грузов на орбиту, и откроет путь к дальнейшему коммерческому и военному использованию космоса.

### Реализация программы

В дальней перспективе (60-70 лет) человечество, возможно, подойдет к созданию космического лифта – т.е. тросовой транспортной системы основанной на действии центробежной силы, что стало возможным с открытием углеродных нанотрубок, структур, позволяющих, теоретически, получать нити бесконечной длины. Пока же эта технология остается в разряде теоретических проработок, следует обратить внимание на более доступные и актуальные программы, первые шаги в реализации которых уже были сделаны. Первым шагом на пути коммерческого освоения космоса может стать многоцелевая авиационно-космическая система – достаточно проработанный еще в 80-90-х годах проект двухступенчатого комплекса космического назначения, который состоит из самолёта-носителя (Ан-225 «Мрия») и запускаемого с него орбитального космического корабля-ракетоплана (космоплана), называемого орбитальным самолётом. Орбитальный ракетоплан может быть как пилотируемым, так и беспилотным. В первом случае он устанавливается вместе с одноразовым внешним топливным баком. Во втором — баки с компонентами топлива и окислителя размещаются внутри ракетоплана. Вариант системы допускает также установку вместо многоразового орбитального самолёта одноразовой грузовой ракетной ступени с криогенными компонентами топлива и окислителя.

### Критические технологии:

- Сверхтяжелый транспортный самолет
- Орбитальный самолет

**Результат программы.** Преимущество проекта заключается в том, что на сегодняшний день уже есть один из главных его элементов – сверхтяжелый транспортный самолет Ан-225 «Мрия», строительство которого может быть возобновлено с минимальными затратами в случае реализации проекта по перезапуску серийного производства самолетов Ан-124 «Руслан», учитывая, что «Мрия» построена по технологиям «Руслана» и на базе его агрегатов.

При этом для испытаний системы может использоваться второй экземпляр Ан-225, ныне остающийся недостроенным в Киеве. Приобретение этого самолета в интересах МО РФ уже обсуждается.

В этих условиях, разработка космоплана и отработка технологии запуска может занять 10-15 лет от момента принятия принципиального решения о создании системы, которое должно быть увязано с решением о возобновлении серийного производства «Русланов». Итогом станет постройка первых 2-3 космопланов во второй половине 2020-х годов и выход на коммерческие пуски к концу 2020-х годов.

## 9. Новые решения в энергетике: расширение ресурсной базы, накопление энергии, повышение КПД

**Актуальность.** При всем энергетическом богатстве России – от запасов углеводородов до стока сибирских рек и потенциала атомной энергетики, вопрос совершенствования энергетической отрасли стоит весьма остро. Доля энергетики в себестоимости продукции, энергодефицитность ряда регионов во многом препятствуют экономическому росту и полноценному освоению огромных территорий страны. Задача совершенствования энергетики может решаться только комплексным подходом к расширению ресурсной базы, увеличению КПД энергосистемы и созданию нового поколения накопителей.

**Реализация программы.** Для решения первой задачи может быть использована технология, известная как ОЦР – Органический цикл Ренкина. Принцип Органического цикла Ренкина основывается на работе турбогенератора на основе паровой турбины для преобразования тепловой энергии в механическую и, наконец, в электрическую энергию с помощью электрического генератора. Вместо водяного пара в системе ОЦР испаряются органические жидкости, которые характеризуются более высокой, чем вода, молекулярной массой, что приводит к замедлению вращения турбины низкого давления и отсутствию разрушения металлических деталей и лопаток, что присуще паровым турбинам.

Электростанции работающие по циклу Ренкина, могут получать тепло от сжигания различных видов топлива – от природного газа до органических отходов, а также работать на отходящем тепле различного происхождения, от геотермального, то тепла ТЭЦ и отработанной горячей воды, сегодня бесполезно обогревающих атмосферу. Эта технология в достаточной мере отработана, и расширение ее применения даст большие возможности по снижению стоимости кВт/ч электроэнергии для внутрироссийского потребителя, а также увеличит возможности рассредоточения генерирующих мощностей.

Решение второй задачи может быть обеспечено с помощью развития технологии энергетических установок с линейными электроагрегатами. В 80-х и начале 90-х г.г. в ОКБ «Горизонт» Минобщемаши СССР и ряде других предприятий велись работы по исследованию возможности создания электроэнергетической установки на основе линейного генератора и свободно-поршневого двигателя с использованием освоенных на то время промышленностью технологий. Применение в конструкции генератора жидких металлов (сплавов металлов щелочной группы) позволило обосновать возможность создания энергетических систем мощностью на уровне десяти мегаватт с удельной массой около 0,3 кг/кВт и к.п.д. не менее (40 – 50)% для использования в космических летательных аппаратах.

В связи с изменением в начале 90 г.г. социально-политической обстановки в стране и, как следствие, тяжелым финансовым положением предприятия (банкротство) работы по данному направлению были прекращены.

Результатом реализации данного проекта явится создание целого ряда транспортных средств с гибридными энергетическими установками по всем основным показателям превосходящим выпускаемые на сегодня.

По массогабаритным показателям, и, соответственно, по стоимости, энергетические установки с линейными электроагрегатами для космических аппаратов

могут быть предпочтительнее других систем получения электроэнергии (**подробнее см. кейс «Линейный электроагрегат», приложение № 4).**

Одним из оптимальных способов решения третьей задачи может стать развитие новых технологий изготовления проточных АКБ быстрого заряжения (редокс-аккумуляторов).

Цель проекта — получить возможность быстрой зарядки батарей любых размеров. С традиционными аккумуляторами это невозможно: во-первых, для зарядки больших батарей за такой короткий промежуток времени потребовалось бы очень много энергии, а во-вторых, без принудительного охлаждения элемент питания начал бы перегреваться. Проточный редокс-аккумулятор, напротив, представляет собой сочетание топливного элемента и батареи. Автомобиль, оснащенный таким источником энергии, можно было бы заряжать в течение пяти-десяти минут. Возможность быстрой зарядки обеспечивает жидкий электролит, который находится в двух резервуарах. Насос закачивает электролит в ячейку преобразователя (см. блок справа), обмен ионами в обеих жидкостях осуществляется через мембрану. Если электролит перестает отдавать энергию, резервуары можно опустошить и снова наполнить жидкостью. При этом побочных продуктов не возникает, поэтому автозаправочные станции смогли бы заряжать электролит как обычные элементы питания. В настоящее время технология отработывается за рубежом (институт Фрауэнхофера). В обозримой перспективе в эксплуатации появятся аккумуляторы мегаваттной и более мощности, обеспечивающие накопление электроэнергии для крупных потребителей: населенные пункты, электропоезда, промышленные предприятия. Внедрение таких батарей в практику позволит стабилизировать нагрузки на сеть, избежав пиковых скачков потребления и гарантировать сохранение энергоснабжения в случае внезапных отключений.

#### **Критические технологии:**

- Органический цикл Ренкина (ОЦР или ОРЦ в различных источниках)
- Линейный электроагрегат
- Редокс-аккумуляторы

**Результат программы.** Синергитический эффект от внедрения новых батарей в сочетании с линейными электроагрегатами и другими инновациями обеспечит скачкообразный рост эффективности энергосистем, с трудноподсчитываемыми на сегодня экономическими последствиями. Прежде всего следует иметь в виду то, что упрощение производства и передачи электроэнергии и ее удешевление позволит ускоренно развивать все без исключения отрасли экономики, от машиностроения и транспорта до бытовых услуг, здравоохранения и образования. Таким образом, «энергетическая» программа имеет право рассматриваться как базовая в общем списке инновационных проектов.

## **10. Военная робототехника**

### **Актуальность**

Роботы самого разнообразного назначения входят в армейские ряды все плотнее — беспилотные летательные и плавающие (надводные и подводные) аппараты, наземные машины разных типов берут на себя все больше функций, до этого выполнявшихся людьми.

Разработки дистанционно управляемых и полностью автономных аппаратов различного назначения велись давно, количество подобной техники росло, пока на

рубеже веков количество не перешло в качество - сухопутные, воздушные и морские роботы всех мастей играют все большую роль в ведении боевых действий.

Беспилотные летательные аппараты используются для разведки, целеуказания, наведения управляемых ракет. Наконец, многие из них могут сами поражать цели. Наземные роботы используются для разминирования, прорыва заграждений, кроме того, многие из них вооружены и могут использоваться для ведения боя в условиях высокого риска - скажем, в городе.

Роботов начинают задействовать и в тыловом обеспечении - так, компания Oshkosh Truck разрабатывает "беспилотные" грузовики, а компания Boston Dynamics создала робота-носильщика, по форме напоминающего большую собаку (и называющегося Big Dog), способного переносить до 75 килограммов груза.

Несмотря на быстрый рост своего потенциала, роботы пока не достигли и еще долго не достигнут возможностей солдата и управляемой человеком техники. Основным ограничением остаются возможности оптики - никакая оптикоэлектронная система не сравнится с системой "человеческий мозг - человеческий глаз", использующей оптику в качестве усиления. Еще одно ограничение заключается в отсутствии полноценного искусственного интеллекта, способного оперативно реагировать на постоянно меняющуюся обстановку, что заставляет использовать именно дистанционно управляемые, а не полностью автономные аппараты.

### Реализация программы

Цель программы – насыщение всех видов Вооруженных сил дистанционно управляемыми и автономными аппаратами различного назначения в тех частях и подразделениях где это необходимо. Среди наиболее актуальных задач следует иметь в виду следующие: 1) Создание глубоководных автономных роботов со сверхдлительным временем активного функционирования для обслуживания кабелей и обследования дна океана, с возможностью передачи данных по команде с использованием высокоскоростной акустической системы дальней связи. 2) Создание высотного беспилотного комплекса разведки и целеуказания сверхдлительного времени барражирования, оснащенного разнообразной разведывательной аппаратурой, обеспечивающей точное целеуказание для ударных БПЛА и иных средств. 3) Создание транспортного робота-мультикоптера – транспортного средства доставки людей и грузов, грузоподъемностью более 1 т, способного к автономному полету на малых высотах. 4) Создание роботизированного автомобиля для задач грузоперевозок в автономном режиме. 5) Создание наземного патрульного многоцелевого робота на компактном автомобильном шасси высокой проходимости, способного выполнять задачи патрулирования и разведки в опасных районах, обеспечивая войска своевременной информацией и при необходимости поражая цели. 6) Создание экзоскелета, усиливающего мышечную силу человека, и облегчающего проведение тяжелых работ – разгрузочно-погрузочных, ремонтных. В перспективе – создание автономного силового доспеха, обеспечивающего резкий рост боевой нагрузки бойца и повышение его защищенности.

**Критические технологии**

- Глубоководный автономный робот
- Высотный БПЛА
- Транспортный робот-мультикоптер
- Роботизированный грузовой автомобиль
- Наземный патрульный робот
- Экзоскелет/силовой доспех

**Результат программы**

Создание нескольких семейств дистанционно управляемых и автономных аппаратов (подводных, наземных, летающих), и роботизированного доспеха/экзоскелета, обеспечивающих рост эффективности имеющихся и перспективных систем вооружения, а также отдельных бойцов. Роботизация армии позволяет сократить ожидаемые людские потери, что особенно важно в современном обществе. При этом необходимо избежать «робототехнической эйфории» - когда на робототехнику возлагаются чрезмерные ожидания, чреватые в дальнейшем разочарованием и снижением эффективности программы в случае развития заведомо нереалистичных проектов.

## Заклучение. От инновационных проектов – к инновационной системе

Идеи опережающего развития часто вызывают скепсис у наблюдателей, причем вполне закономерный, учитывая общее состояние науки, промышленности, инновационной сферы в России. Однако скептики часто не учитывают того, что разные сферы науки и техники существуют подчас в разных временах. Есть системы, которые в российских условиях очень сильно отстают от среднего уровня западных стран, но есть институты и системы, которые лидируют в развитии знаний и даже технологических решений. Эта неоднородность пространства развития должна учитываться технологической политикой государства. Причем именно опыт управления «опережающими» системами деятельности может стать модельным с точки зрения формирования базового каркаса национальной инновационной системы.

По данным Центра исследований статистики науки, выявлено около 80 областей научного знания, в которых уровень российских учёных превышает среднемировой (исследования проводились на основе индекса цитирования и по достаточно широким областям). Многим ученым и разработчикам, которые удерживаются на лидерских позициях по своим направлениям, есть что предложить военной науке и оборонно-промышленному комплексу. В т.ч. амбициозные проекты в биоинженерии, новые решения для транспорта и энергетики, новые возможности лазерных технологий, которые стали предметом рассмотрения в настоящем докладе.

Иными словами, в российской практикоориентированной науке есть ростки будущего, которые могут развиваться не только в новые технологии, но и в новые индустрии. Но это развитие упирается в ряд барьеров. Если долгое время довлеющей была проблема нехватки средств, то сегодня на передний план выходят другие проблемы.

**1. Отсутствие единого органа, регулирующего технологическую политику государства.** Ни одна структура государства не способна одновременно ставить научно-технические задачи, планировать их реализацию, сопровождать работы вплоть до достижения конкретного результата. Дефицит целевого заказа в научно-технической сфере, дефицит межведомственной и надведомственной координации делает поддержку науки малорезультативной и неэкономичной. В этой ситуации возможно незначительное совершенствование уже существующих технологий, но вряд ли возможно формирование новой технологической повестки дня и тем более – ее трансляция в виде конкретных требований к техническим разработкам.

**2. Упадок прикладной науки и отсутствие развитой системы оборонных НИОКР.** В СССР существовала мощная сеть прикладных институтов, проектных институтов, осуществлявших НИОКР, а также система ГКНТ, ответственная за качество разработки. Именно в этих институтах велись НИОКР, которые обеспечивали продвижение от фундаментальных исследований к практическому использованию. Эта сеть оказалась в наибольшей мере разрушена в постсоветский период. В то время как фундаментальная наука в России в постсоветский период продолжала получать государственное финансирование и как-то выживать, отраслевая наука (НИИ, КБ, вузовские лаборатории), призванная заниматься разработкой опытных образцов и их адаптацией к внедрению, постепенно деградировала. В инновационном контуре страны возникла серьезная, до сих пор не восполненная лагуна. В случае оборонных

исследований дело усугубляется и наследием непродуманных реформ: пресловутая «оптимизация» особенно остро затронула коллективы оборонных НИИ и ВУЗов.

### 3. **Неразвитость и негибкость механизмов контрактации в сфере НИОКР.**

Процедурные изъяны являются следствием содержательных: работа на отчетность, а не результат тесно связана с отсутствием практики постановки научно-технических задач, с неспособностью государства сформировать конкретный и корректный целевой заказ на развитие технологий. Среди проблем в этой сфере часто упоминаются: ограничения по исполнителям, когда формально контракт заключается с организацией, а роль руководителя проекта незначительна (за исключением грантов РФФИ, где отработана практика соглашений непосредственно с исследователем), тенденция к унификации контрактов (отсутствие гибкости применительно к каждому конкретному случаю – например, в вопросах прав интеллектуальной собственности), непрозрачность конкурсных процедур.

### 4. **Дефицит механизмов «довенчурного» финансирования.**

Представители венчурного капитала в России жалуются на отсутствие интересных инструментов для инвестирования. Ученые и разработчики – на нехватку инвестиций. Помимо естественной профессиональной аберрации зрения, у этого несовпадения перспектив есть и объективная причина: большая часть разработок просто не получает шанса дойти до той стадии, когда они могут стать интересны венчурному капиталу. Имеющиеся финансовые инструменты вступают в действие только после того, как открывается перспектива коммерциализации разработки. До этого момента необходимы иные формы сопровождения инноваций, связанные, по большей части, с механизмами научно-технологического заказа, существующими в большинстве развитых стран на уровне государства и/или корпораций. В РФ аналогичные механизмы отсутствуют или находятся в зачаточном состоянии. Созданные государством институты развития («Роснано», РВК и др.) не решают этой проблемы.

### 5. **Отсутствие внутреннего технологического рынка.**

Недостаточный спрос на новые технологии со стороны российских корпораций связан с объективными, системными причинами, а не только с низким уровнем предпринимательской культуры. Активы российских корпораций принадлежат преимущественно к устаревшим укладам. Приватизация активов без их модернизации сформировала, по выражению Ю.В. Громыко, своеобразный «тупик капитализации», когда, с точки зрения роста прибыли, вводить новые технологии в интегрированные, но старые технологические системы невыгодно. Развивать в этих условиях высокотехнологичные производства, способные побороться на гражданском рынке с продукцией западных корпораций, трудно, и подобные примеры пока крайне редки.

Перечисленные выше проблемы и риски – это не только ограничения внешней среды, которые придется учитывать в работе ФПИ. Это и вызовы, на которые проект должен ответить. Разумеется, Фонд не может решить все перечисленные проблемы в масштабах страны, но он может и должен решать их в масштабе своей собственной деятельности.

Прежде всего, по самому своему замыслу, Фонд призван быть инструментом целевого заказа со стороны государства в сфере научно-технической политики. И

потенциально – механизмом координации приоритетных межвидовых, междисциплинарных и межотраслевых научно-технических исследовательских проектов поверх ведомственных границ. Важным элементом его деятельности должен стать не только заказ и финансирование разработок, но и их сопровождение на последующих стадиях жизненного цикла вплоть до внедрения в производство / постановки на вооружение. Во многих случаях будут важны даже не столько финансовые ресурсы, сколько статус проекта как приоритетного, целевого, что позволяло бы с меньшим трением проходить согласования в различных госструктурах.

Во-вторых, Фонд ориентирован на поддержку исследований и разработок именно на самых сложных и уязвимых этапах инновационного цикла (т.н. «долина смерти» инноваций) – на этапах перехода от научных разработок, воплощенных, как правило, в экспериментальных единичных приборах, к полноценной технологии.

В-третьих, организационно-правовая форма Фонда, созданного в стороне от ведомственной системы НИОКР, создает дополнительную свободу действий в принятии решений и организации процедур. Фонд может позволить себе не только формально исполнять инструкции и предписания, но и, единственный во всей инфраструктуре оборонных исследований, абстрагироваться от волокиты, отбросить предрассудки и сделать именно так, как нужно для пользы дела.

Иными словами, сам замысел Фонда, выраженный в законе, создает уникальную возможность – восполнить те пробелы в национальной инновационной системе, которые не позволяют раскрыть потенциал передовых разработок. Восполнить – хотя бы применительно к ограниченному количеству приоритетных проектов оборонного значения. Но зачастую именно опыт отдельно взятых проектов позволяет выходить на системные решения. Появляется шанс воссоздать производственные цепочки, межведомственную кооперацию, связать между собой прикладную науку и промышленность в деле обеспечения национальной обороны и безопасности государства. Подобная работа имеет все возможности зажечь искру, из которой вырастет будущая российская система оборонных исследований, о становлении которой сейчас можно только мечтать. Она потребует использования межведомственных и надведомственных механизмов координации и планирования, примеров которым в современной истории России еще не было.

## **Каскадные наногетероструктурные фотопреобразователи для космических солнечных батарей нового поколения**

### **Название проекта:**

Разработка технологии создания каскадных наногетероструктурных фотопреобразователей для космических солнечных батарей нового поколения.

### **Цель проекта:**

Повышение эффективности и ресурса работы космических солнечных батарей за счет разработки наногетероструктурных фотоэлектрических преобразователей с КПД 35-40% (на уровне лучших мировых аналогов) и улучшенной радиационной стойкостью.

### **Заявитель проекта:**

Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН.

### **Актуальность проекта.**

Россия остается одним из лидеров по производству и запуску различных аппаратов в космос, в том числе и спутников. Почти все космические аппараты и любые спутники оснащаются солнечными батареями. Это важнейший элемент космического аппарата, обеспечивающий его работу энергией. Объем потребляемой энергии космическими аппаратами и спутниками постоянно растет, что в свою очередь повышает требовательность производителей спутников к солнечным батареям, к их КПД и сроку службы. На данный момент наибольший КПД и срок службы солнечной батареи обеспечивает передовая технология гетероструктурных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) из арсенида галлия и родственных ему соединений на германиевых подложках. В частности, наноструктурным солнечным ФЭП уделяется все большее внимание в космических программах США, Японии и стран Западной Европы.

В России на данный момент времени нет серийного производства гетероструктурных ФЭП. По этой причине российские солнечные батареи для аппаратов гражданского назначения оснащаются гетероструктурными ФЭП зарубежного производства. В то же время батареи для аппаратов специального назначения вынужденно оснащаются ФЭП на основе кремния с КПД 14-15%, что в 2 раза ниже, чем КПД солнечных батарей на гетероструктурных ФЭП. При этом ресурс кремниевых батарей на промежуточных и геосинхронных орбитах составляет 5-7 лет, т.е. в 2-3 раза меньше, чем солнечных батарей на гетероструктурных ФЭП.

Разработка технологии создания гетероструктурных фотопреобразователей с КПД 35-40% (на уровне лучших мировых аналогов), а также организация серийного отечественного производства таких ФЭП и на их основе высокоэффективных, радиационно-стойких солнечных батарей является чрезвычайно важной задачей для повышения обороноспособности страны.

### **Анализ достигнутых научных результатов в РФ по сравнению с наивысшим мировым уровнем.**

Основными разработчиками и производителями космических солнечных элементов и батарей в мире являются: Spectrolab Inc. (Калифорния, США), Emcore (Нью-Мексико, США),

AZUR Space Solar power GmbH (Баден-Вюртемберг, Германия). Максимальные достигнутые КПД космических солнечных элементов этих производителей составляют 29-30% при освещении прямым солнечным излучением с нулевой воздушной массой (АМ0), т.е. в условиях околоземного космического пространства.

В России производством космических солнечных батарей занимаются ОАО НПП «Квант» и ОАО «Сатурн», а разработкой технологии производства гетероструктурных фотопреобразователей для космических солнечных батарей занимается ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН. ОАО НПП «Квант» (г.Москва) входит в ОАО «Информационные спутниковые системы М.Ф.Решетнёва» (ИСС). НПП «Квант» является непосредственным изготовителем основной массы (до 80%) российских космических солнечных батарей, как на основе кремния (производится в России, используется в аппаратах специального назначения), так и на основе арсенида галлия (закупается по импорту, для аппаратов гражданского назначения). Солнечные батареи производства НПП «Квант» устанавливаются на космические аппараты, собираемые в ИСС. ОАО «Сатурн» (г. Краснодар) в советские времена было филиалом московского «Кванта». Сейчас принадлежит ЗАО «МПБК Очаково». Имеет небольшие объемы производства. Значения КПД в гетероструктурных солнечных элементах, разработанных на предприятиях НПП «Квант» и «Сатурн», составляет около 26%, что заметно ниже мировых аналогов. Важно отметить, что несмотря даже на наличие собственных разработок гетероструктурных ФЭП у данных предприятий, серийное производство гетероструктурных ФЭП в России отсутствует. Ввиду некоторой отсталости по технологии данные предприятия пошли по наиболее простому пути – стали закупать импортные ФЭП для своих солнечных батарей.

В то же время в ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН разработаны технологии по производству гетероструктурных ФЭП, пока еще не сильно уступающие лучшим мировым образцам. Лаборатория фотоэлектрических преобразователей ФТИ (заведующий лабораторией: Андреев Вячеслав Михайлович) имеет сорокалетний опыт разработок гетероструктурных ФЭП для космических и наземных солнечных батарей. В частности, в ФТИ в 1969 году была впервые в мире разработана технология гетероструктурных ФЭП на основе арсенида галлия, с использованием которой в НПО «Квант» (г.Москва) было организовано крупномасштабное производство гетероструктурных солнечных батарей, свернутое в 1990-м году. Одна из таких батарей площадью 70 м<sup>2</sup> была установлена в 1986-м году на базовом модуле Космической станции «Мир» и проработала на станции весь срок эксплуатации без заметного снижения мощности.

За последние 20 лет в ФТИ накоплен значительный опыт по созданию наноструктурных солнечных элементов методом МОС-гидридной эпитаксии. В ФТИ и ФТНОЦ имеется ростовое оборудование, в первую очередь, установка металлоорганической эпитаксии АИХ-200/4, обеспечивающая получение каскадных ФЭП. За последние годы был выполнен цикл исследований и разработок по созданию новых типов ФЭП на основе наноструктур, по совершенствованию конструкций и технологии изготовления солнечных элементов космического и наземного применения. В результате выполненных работ были предложены и разработаны наноструктурные ФЭП различных типов, обеспечивающие улучшение их основных параметров.

Методом МОС-гидридной эпитаксии созданы наноструктурные ФЭП со встроенным Брэгговским зеркалом, состоящим из 20-30 слоев GaAs и AlAs толщиной 50-70 нм, в которых существенно улучшена стойкость к воздействию космической радиации, что обеспечивает увеличение срока службы солнечных батарей.

Созданы каскадные солнечные элементы на основе гетероструктуры Ge/GaAs/GaInP, в которых достигнуты значения КПД, превышающие 29% в условиях околоземного космоса (АМ0), в том числе с концентраторами солнечного излучения. На основе разработанных каскадных ФЭП и концентраторов (линз Френеля) разработаны и созданы космические концентраторные модули, обеспечивающие повышения удельного энергосъема и снижение стоимости солнечных батарей.

### **Новизна проводимых исследований.**

Новизна исследования состоит в разработке новых технических решений при создании космических солнечных элементов с КПД 32-40% (уровень лучших мировых аналогов в 2015 году), а также разработки технологии создания таких элементов.

При разработке гетероструктур нового поколения будет использоваться математическое моделирование их спектральных и вольтамперных характеристик. Целью моделирования является определение оптимальных значений толщин слоев структуры, а также их химического состава, которые позволят достичь максимальных значений КПД. При моделировании будут учитываться интерференционные эффекты в гетероструктурах, диффузионный и дрейфовый транспорт, эффекты инжекции носителей из квантово-размерных слоев. Для осуществления моделирования будет разработано специальное программное обеспечение, которое позволит получать высокоэффективные преобразователи концентрированного излучения.

Выбор материалов для субэлементов каскадных ФЭП является наиболее критичным моментом при разработке их структуры. С этой точки зрения в наиболее эффективной на данный момент структуре каскадных ФЭП на основе согласованных по параметру решетки материалов Ga<sub>0,52</sub>In<sub>0,48</sub>P/Ga<sub>0,99</sub>In<sub>0,01</sub>As/Ge ограничены возможности увеличения КПД ввиду не оптимальности ширины запрещенной зоны этих материалов. Это выражается в большем фототоке верхнего GaInP и нижнего Ge субэлементов по сравнению с фототоком среднего (GaInAs) субэлемента.

Одним из путей повышения эффективности таких ФЭП является увеличение ширины запрещенной зоны материала верхнего субэлемента. Это позволит увеличить напряжение, генерируемое этим субэлементом, и напряжение всего ФЭП.

Использование структур с квантоворазмерными поглощающими средами позволяет сдвинуть оптический край поглощения среднего субэлемента на основе GaInAs в длинноволновую область. Это обеспечит повышение тока, который генерирует этот субэлемент, и увеличение тока каскадного ФЭП.

### **Затраты по проекту.**

Общий объем затрат по проекту оценивается в 700 млн рублей (на 2014-2015 гг.). Основная часть средств будет пущена на закупку современного ростового и постростового оборудования (сейчас в ФТИ имеется такое оборудование, но оно было закуплено в 2000-м году и уже морально устарело, на нем невозможно достичь прорывных результатов). На современном оборудовании будет создана и апробирована технология изготовления наногетероструктурных фотоэлектрических преобразователей с КПД 35-40%. После апробации технологии и получения опытных образцов продукции хорошего качества, можно будет с учетом опыта исследователей из ФТИ «перенести разработанную технологию» на предприятие «Квант» или «Сатурн», где будет необходимо наладить серийное производство таких ФЭП для космических солнечных батарей. Часть средств –

около 50 млн рублей – пойдет на оплату труда исследовательского коллектива и на проведение экспериментов.

#### **Ожидаемые результаты.**

Будут разработаны базовые технологии создания каскадных солнечных элементов на основе наногетероструктур, обеспечивающие КПД 35-40% при прямом облучении и 100-500 кратном концентрировании солнечного излучения в условиях космоса.

Будет разработана конструкторская и технологическая документация на каскадные солнечные элементы и фотоэлектрические модули на их основе.

Будет изготовлены опытные образцы наземных и космических солнечных элементов и модулей на основе наногетероструктур и концентраторов излучения.

Будут разработаны программы и методики и проведены испытания опытных образцов наногетероструктурных солнечных элементов.

Будет обеспечено достижение удельного энергосъема более 320 Вт/м<sup>2</sup> модулей космических батарей.

Будет обеспечено повышение срока службы космических батарей на основе каскадных наногетероструктур до 15 лет на геосинхронной орбите.

#### **Рыночные перспективы в России.**

Ежегодная потребность российского рынка в гетероструктурных ФЭП оценивается на уровне 400 м<sup>2</sup>, основной потребитель – НПП «Квант», который производит космические солнечные батареи для своего материнского предприятия «Информационные спутниковые системы им М.Ф. Решетнёва». В случае реализации заявленного проекта на закупленном оборудовании можно будет не только вести исследования и проводить эксперименты, но и производить до 100 м<sup>2</sup> образцов гетероструктурных ФЭП, которые можно было бы поставлять на НПП «Квант».

Кроме того, необходимо сказать, что к проекту уже долгое время проявляет интерес группа «Ренова», но пока так и не вложила в него своих денег. По последним данным на февраль 2013 года группа «Ренова» и Фонд «Сколково» планируют вложить до 300 млн рублей в покупку оборудования и разработку технологии специалистами ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН.



## Мощные импульсно-периодические лазеры с высокой частотой повторения импульсов и их новые применения

### Название проекта:

«Импульсар».

### Цель проекта:

Разработка и создание уникальных мощных импульсно-периодических лазеров с высокой частотой повторения импульсов для военного и гражданского применения.

### Заявитель проекта:

В.В.Аполлонов, д. ф.-м.н., профессор, академик АИН и РАЕН, заведующий отделом мощных лазеров Института общей физики РАН имени А.М. Прохорова, генеральный директор ООО «Энергомаштехника».

### Актуальность проекта.

Россия остается одним из мировых лидеров в области лазерной физики, российскими основоположниками которой были Нобелевские лауреаты А.М. Прохоров и Н.Г. Басов. Наше лидерство в данной области сохраняется, но отсутствие достаточных вложений в новые экспериментальные стенды угрожает потерей этой роли. Группа исследователей под руководством В.В.Аполлонова (Отдел мощных лазеров Института общей физики им. А.М.Прохорова РАН) в конце 90-х экспериментально и теоретически обосновала возможность создания мощных импульсно-периодических лазеров с высокой частотой повторения импульсов и показала, что на этой основе можно решить старые проблемы, оставшиеся в наследство от Стратегической оборонной инициативы, и добиться новых совершенно уникальных физических эффектов. Ключевым из них является устранение плазменного экрана на мишени и использование широкого спектра преимуществ оптического пульсирующего разряда, генерирующего важный ряд вторичных факторов. Использование данного вида лазеров обладает рядом важных преимуществ:

- 1) Более эффективный съем энергии активной среды при больших апертурах, что важно при масштабировании лазерных систем до уровня нескольких МВт;
- 2) Снижение эффекта экранировки плазмой объекта воздействия и значительное увеличение энерговклада в мишень при укорочении импульса и сохранении уровня средней мощности лазера за счет повышения частоты импульсов до величины в несколько десятков кГц;
- 3) Снижение тепловой дефокусировки излучения на трассе, за счет правильного выбора временной структуры генерируемого излучения;
- 4) Локальность выделения энергии в пространстве и во времени, снижение уровня напряженного состояния в зоне воздействия за счет перехода от режима плавления материала к его возгонке (абляции);

5) Возможность пространственной развертки высокочастотного оптического пульсирующего разряда в воздушной среде за счет высокой частоты повторения импульсов.

6) Возможность реализации звуковых, световых и электромагнитных полей в пространстве на значительном расстоянии от источника излучения.

В результате создания в рамках проекта специальных крупномасштабных стендов и демонстрации достигнутых результатов, полученные эффекты можно эффективно использовать для военного и гражданского применений. Так с помощью мощных импульсно-периодических лазеров с высокой частотой повторения импульсов можно будет осуществлять:

- лазерный запуск малых объектов без ракеты-носителя. Данную технологию можно использовать для вывода малых спутников в окружающее космическое пространство и создания управляемого перехватчика цели;

- реализацию сверхдлинного высокопроводящего канала. Эту технологию можно использовать для передачи энергии на значительные расстояния, а также для защиты особо ценных объектов от ударов молний или для их охраны от несанкционированных проникновений;

- удаление рукотворного космического мусора и объектов естественного происхождения из окружающего космического пространства;

- исследование новых возможностей функционального (умного) воздействия на объекты военной техники с целью временного нарушения их работоспособности или полного вывода из строя.

Решение этих уникальных по своей сути задач на данный момент возможно только с помощью мощных импульсно-периодических лазеров с высокой частотой повторения импульсов.

### **Анализ достигнутых научных результатов в РФ по сравнению с наивысшим мировым уровнем.**

Достигнутые научные результаты в данной сфере напрямую зависят от того, какую испытательную базу имеет та или иная страна. СССР в 70-х и 80-х гг. был на самом переднем крае лазерной физики, причем даже ученые и инженеры США отставали от нас в своих разработках на 10-15 лет. Тогда в стране различными коллективами был создан ряд уникальных лазеров с весьма высокой средней мощностью излучения от 0,1 до 1 МВт. В этих программах активно участвовали ЦКБ «Алмаз», НПО «Астрофизика», НИИЭФА, ВНИИЭФ, НПО «ПНИТИ» и ряд других предприятий страны. Некоторые из этих уникальных лазерных стендов позволили группе исследователей, руководимой проф. В.В. Аполлоновым, провести исследования по масштабированию новых эффектов и получить количественные результаты. Также новые результаты были получены и непосредственно в Институте общей физики РАН при выполнении контрактных исследований и хозяйственных договоров. На данный момент времени ни в одной из зарубежных стран пока не создано высокочастотных импульсно-периодических лазеров средней мощностью более 200 Вт, но активно ведутся поиски возможностей создания таких лазерных систем в США, Японии, Южной Корее и Германии. Что касается лазерного запуска объектов, то в США уже много лет действует модельный стенд на основе низкочастотного CO<sub>2</sub> – лазера, позволяющий производить запуск на высоту до 100 м (White sands missile range, NM) и создан Институт

лазерного запуска. В настоящее время в США ведется работа по масштабированию данного лазера до уровня мощности - 200 кВт (в низкочастотном варианте).

### **Новизна проводимых исследований.**

Эксперименты, проведенные группой проф. В.В. Аполлонова на высокочастотных лазерных стендах мощностью до 10 кВт (CO<sub>2</sub> и Nd YAG), в которых мишени различной конфигурации облучались цугами импульсов с различной длительностью и варьируемым интервалом, а также стандартными импульсами свободной генерации показали, что переход от гладкого импульса к режиму варьируемой временной структуры импульсов приводит к снижению энергетических порогов плазмообразования и возрастанию максимального значения коэффициента энергопередачи лазерной энергии в мишень, а также к увеличению амплитуды вторичных факторов: гигантских токов на поверхности мишени, скачков потенциала, жесткого излучения из плазмы и интенсивного электромагнитного шума.

### **Затраты по проекту.**

Весь цикл работ по проекту «Импульсар» делится на 4 этапа, характеризующиеся своими объемами вложенных средств (заявителем проведена оценка стоимости только первых двух этапов).

#### Перечень работ 1-го этапа:

1) Разработка и создание высокочастотного импульсно-периодического лазера средней мощностью 200 кВт на основе одного из наиболее подходящих типов: ГДЛ (434 млн. руб.), Nd YAG (1225 млн. руб.), DF (840 млн. руб.).

2) Разработка и создание модели летного устройства с лазерным двигателем на базе SiC;

3) Разработка и создание высоковольтного оборудования для реализации передачи энергии на расстояние в 1 км;

4) Разработка и создание оптического оборудования и систем контроля.

Всего по п.2,3,4: 452 млн. рублей.

#### Перечень работ 2-го этапа:

1) Разработка и создание стенда для реализации сверхдлинного проводящего лазерного канала;

2) Разработка и создание оптической системы прицеливания и сопровождения летного устройства в пространстве;

3) Разработка и создание системы стабилизации положения летного устройства в пространстве;

4) Разработка и создание стенда системы лазерного ускорения нанообъектов весом до 1 кг с целью создания перехватчика космического мусора.

Всего: 686 млн. рублей.

Объем средств 3-го и 4-го этапов будут определены дополнительно после окончания 2-го этапа.

Таким образом, объем затрат на работы первого и второго этапов составляет почти 2 млрд рублей (1138 млн. руб. + стоимость одного из выбранных лазеров (например, DF – 840 млн.руб.). Срок проведения всего цикла работ – 4 года. По результатам измерения тяги

лазерного двигателя и проводимости лазера - плазменного канала на стенде в конце 3-го года необходим переход к следующему 4-му этапу работ по дальнейшему масштабированию и созданию стендов для запуска грузов на порядок большей массы и увеличению дальности проводящего канала до нескольких десятков километров. Стоимость работ 4-го этапа будет определена дополнительно после окончания 3-го этапа.

### **Ожидаемые результаты. Применения в военных целях.**

В результате осуществления проекта «Импульсар» будут получены следующие результаты и возможности:

1) обеспечен лазерный запуск малых спутников без ракеты-носителя, создание эффективного управляемого перехватчика цели в окружающем космическом пространстве;

2) разработано новое поколения лазерных систем – высокочастотных импульсно-периодических лазеров, работающих в режиме возгонки материала и способных обрабатывать сверхтвердые и хрупкие материалы при комнатной температуре, создание новых технологий на данной основе;

3) разработаны и созданы высокочастотные мощные лазерные системы эффективной очистки водных и твердых поверхностей от широкого спектра загрязнений;

4) получена технология передачи энергии на большие расстояния по лазерно-плазменному каналу;

5) создана сверхстабильная силовая и крупногабаритная астрономическая оптика на основе карбида кремния;

6) разработаны нетрадиционные виды летального и нелетального воздействия на различные объекты, которые сочетают в себе традиционное воздействие мощного высоковольтного импульса, обеспеченное предварительной лазерной ионизацией среды по трассе его распространения (борьба с террористами, защита особо ценных объектов от проникновений);

7) разработаны новые подходы к реализации геофизического воздействия в тропосфере и созданы экспериментальные модели образцов нового оборудования.

### **Рыночные перспективы в России.**

Проект «Импульсар» представляется интересным для гражданских технологий таких как: резка стекла и сложных многослойных пакетов из стекла, керамики и композитов по произвольной траектории при комнатной температуре, а также для новых применений в интересах развития энергетики. Реализация проекта позволит создать прототипы систем, НИРовская часть разработки которых успешно завершена. В результате его выполнения будет разработана промышленная технология создания серийной продукции – мощные импульсно-периодические лазеры. Данная продукция не будет иметь аналогов в мире. Также привлекательным моментом является возможность продажи патентов и лицензий, относящихся к разработанной в проекте новой технике.

### **Оценка по шкале риск/отдача.**

Проект соответствует градации: высокий риск/высокая отдача. Проект «Импульсар» весьма интересен по высокому потенциалу своих разработок и технологий, которые он несет в случае реализации. Некоторые возможности, например, сверхдлинный проводящий канал для передачи энергии, очистка орбиты от космического мусора или объектов естественного происхождения не достижимы на данный момент никакими другими способами. Весьма

важным является развитие проекта в плане функционального (умного) воздействия на объекты, высоконасыщенные электроникой, оптикой и вычислительной техникой. Помимо потенциально высокой отдачи от проекта, высоки также и риски его реализации. Не до конца ясны некоторые получаемые эффекты и способы их достижения. Кроме того, запрашиваемый объем финансирования на создание крупномасштабных стендов довольно велик. Но важно отметить, что запрашиваемый объем финансирования на создание крупномасштабных стендов можно адаптировать за счет снижения выходных параметров лазерных систем и сопутствующего оборудования. Также не до конца ясна готовность промышленности РФ к реализации или воспроизведению некоторых технологий, полученных в лабораторных условиях.

### **Стадия готовности и участок работы для ФПИ.**

Проект имеет среднюю степень готовности. Для реализации проекта от ФПИ требуется:

1) Финансирование проекта. Проект сложный, высокорисковый, без гарантированного результата и связан с разработкой новейших технологий использования лазеров – в данном случае привлечение частных инвесторов в проект представляется маловероятным. Это означает, то все расходы по реализации проекта должно будет взять на себя государство. Тем не менее, отметим, что привлечение пула частных инвесторов в проект в части производства и продажи мощных импульсно-периодических источников излучения с высокой частотой повторения импульсов в интересах гражданского сектора экономики, где их применение весьма привлекательно, возьмет на себя ЗАО «Всемирный банк интеллектуальной собственности». Производственная база таких лазерных систем может быть размещена на предприятиях: ОАО «Плазма», РНЦ «Прикладная химия», ООО «Лаген» (Письма о готовности участвовать в разработках прилагаются).

2) Организация полигона для стендовых испытаний. В России есть подходящая стендовая база, но ее в скором времени могут ликвидировать в силу необеспеченности Госзаказом расходов на ее содержание. Речь идет о стендовой базе НИК-760 НПО «Энергомаш», расположенной под Санкт-Петербургом на территории Опытного завода РНЦ ГИПХ. Кроме того, в 3-х километрах к востоку от базы расположен полигон «Ржевка» МО РФ. Самое большое достоинство этой стендовой базы заключается в том, что она ценой усилий НПО «Энергомаш» до настоящего времени сохранена и находится в полностью рабочем состоянии.

## Отечественная технология полупроводникового секвенирования ДНК

*Если не первый, значит должен быть лучшим!*

### Название проекта:

Разработка отечественной технологии полупроводникового секвенирования ДНК.

### Цель проекта:

Обеспечение специалистов по постгеномным технологиям доступным, высокопроизводительным аналитическим оборудованием (секвенатор, синтезатор ДНК) и расходными материалами к ним. Первым к разработке предлагается полупроводниковый секвенатор.

### Заявитель проекта:

НИЦ "Курчатовский институт" во главе консорциума организаций.

### Актуальность проекта. Применение в военных целях:

Секвенатором ДНК называют высокотехнологичное аппаратно-программное устройство способное предоставить информацию о генетическом коде ДНК любого организма. Информация такого рода позволяет **оперативно** диагностировать наследственные и иные заболевания, осуществлять мониторинг бактериальных и вирусных инфекций в водоёмах, больницах, вокзалах, аэропортах и других местах, обнаруживать дефекты в генах объекта исследования и контролировать процесс их устранения (лечение наследственных, онкологических заболеваний), конструировать микроорганизмы для производства медикаментов, биотоплива, белков и ферментов. Накопление генетиками знаний о причинно-следственных связях между нуклеотидной структурой гена и здоровьем человека, - определяет возможность и необходимость их использования. Соответственно, растёт потребность в получении качественной информации о геноме организма быстрым и недорогим способом. В развитых странах потребность в более производительных и точных секвенаторах стимулирует компании вкладывать сотни миллионов долларов США в разработку новых технологий секвенирования. Сегодня объём мирового рынка секвенирования исчисляется миллиардами долларов и постоянно увеличивается. Российский рынок услуг секвенирования, при развитии надлежащей инфраструктуры, оценивается более чем в 100 млрд. рублей.

В настоящее время Россия технологически полностью зависит от зарубежных поставок секвенаторов и расходных материалов к ним. В Россию поставлено уже более трёх десятков секвенаторов только на флуоресцентных метках, однако, из-за высокой стоимости расходных реагентов и материалов, значительная их часть работает лишь эпизодически, к тому же работа возможна только с использованием реактивов, выпущенных производителем секвенатора. Закупка единичных экземпляров подобного дорогостоящего оборудования, используемого преимущественно в научных целях, практически не влияет на решение множества биомедицинских проблем, таких как: обеспечение биобезопасности населения, диагностика инфекционных заболеваний, определение наследственных патологий, выявление предрасположенностей к различным заболеваниям, улучшение санитарно-эпидемиологического контроля. Технологическая зависимость не позволяет эффективно выполнять национальные

пограммы в здравоохранении, сельском и лесном хозяйствах, решать задачи национальной безопасности.

Задачами военных, как наиболее организованной части общества, могут быть как задачи разработки биологических средств защиты военных и гражданских лиц от поражающих факторов биологического оружия, так и задачи нейтрализации угроз со стороны живой силы противника, которые могут быть решены с использованием предлагаемой к разработке технологии:

1. Генная «паспортизация» военнослужащих, в т.ч. секвенирование генома человека до и после спецоперации.

2. Выявление несанкционированных генномодифицированных организмов.

3. Выявление несанкционированных генномодифицированных продуктов питания.

4. Противодействие биотерроризму путём локализации очага поражения через оперативный контроль биопроб воздуха, воды, почвы в полевых условиях; противодействие конкретному поражающему фактору путём оперативной идентификации поражающего вируса (бактерии) через определение его генотипа.

5. Разработка цифровых баз данных генотипов вирусов, бактерий, - с целью их дешёвого и безопасного хранения (по сравнению с оригиналами) и оперативного синтеза в нужном количестве, при необходимости.

Требуется массовое внедрение технологий секвенирования на основе приборов, выпускаемых в Российской Федерации, в институтах медико-биологического профиля, в клиничко-диагностических центрах, в специализированных организациях, чтобы заложить основы медицины будущего, повысить уровень национальной безопасности, перейти на новый уровень решения социальных проблем общества.

**Анализ достигнутых научных результатов в РФ по сравнению с наивысшим мировым уровнем:**

В России занимаются проблемой секвенирования на флуоресцентных метках в институтах РАН. Так, в ходе экспериментальных работ и модернизации нанореакторной платформы для секвенирования ДНК в Институте автоматике и электрометрии СО РАН проработана возможность увеличения числа каналов считывания. Проводилась отработка методов настройки оптикоэлектронной системы многоканального освещения и приёма данных для получения максимального отношения сигнал/шум от экспериментальных образцов чипов с матрицами нанореакторов. Создано математическое обеспечение управления 4 координатной автоматической системой юстировки положения нанореакторной матрицы (чипа). Система обеспечивает сканирование подложки и позволяет в этом режиме находить зону нанореакторов исследуемого чипа и упростить и ускорить настройку системы для получения максимального соотношения сигнал/шум. Институтом физики полупроводников проводились работы по оптимизации протокола получения матриц нанореакторов и модернизация нанолитографа. В Институте химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, совместно с Лимнологическим институтом, осуществлен синтез ряда новых флуорофор-содержащих производных. Метод секвенирования избран технически и технологически сложный, когда будут получены практически значимые результаты – пока не известно.

Практически значимых результатов добились в Институте аналитического приборостроения РАН, г. Санкт-Петербург, - разработан и запущен в опытное производство генетический анализатор на основе электрофореза, также на

флуоресцентных метках, - НАНОФОР 05. Этот прибор является модификацией, аналогом прибора ABI PRIZM 310 Genetic Analyzer, выпускающегося фирмой Applied Biosystems (США) с 1999 года.

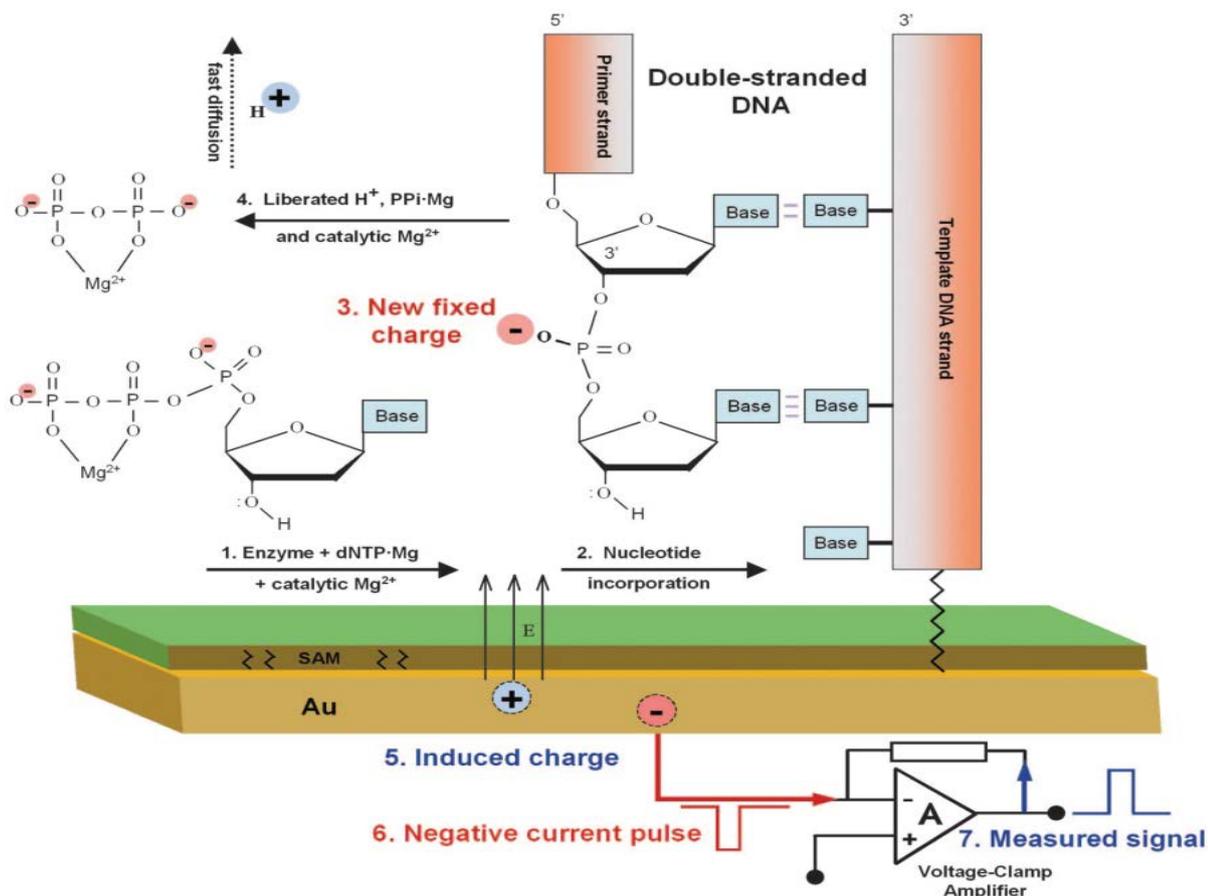
Имеется действующий в России патент 2385940 С1, опубликованный 10.04.2010: «Способ определения нуклеиновых кислот методом полимеразно-цепной реакции в режиме реального времени и устройство для его осуществления». Предлагаемый метод основан на определении количества исходной нуклеиновой кислоты в пробах по динамике роста флуоресцентного сигнала.

Методы секвенирования и представленных разработок, и упомянутого патента, - основаны на регистрации оптическими способами флуоресцентных меток, что автоматически наделяет любой прибор, изготовленный по этой технологии, высокой стоимостью, сложной пробоподготовкой, не самыми передовыми техническими характеристиками. Такие приборы значительно уступают по большинству технико-экономическим характеристикам полупроводниковому секвенатору Ion Torrent (США).

### **Новизна проводимых исследований:**

Слова «полупроводниковая технология» - означают, что методики контроля и управления биохимическими реакциями, алгоритмами и устройствами в целом, осуществляются средствами, спроектированными по правилам полупроводниковых технологий интегральных микросхем, МЭМС технологий и нанотехнологий. Полупроводниковая технология универсальна тем, что на её основе можно конструировать приборы как для анализа ДНК (секвенаторы), так и для синтеза этой уникальной структуры.

Первый полупроводниковый секвенатор был разработан американской компанией Ion Torrent в 2010 году [1], с 2011 года прибор представлен на рынке в различных модификациях [2]; в секвенаторе регистрируется факт выделения в раствор иона водорода при каждой биохимической реакции встраивания полимеразой комплементарного нуклеотида в одноцепочечный фрагмент ДНК. Процедура этой биохимической реакции проиллюстрирована рисунком из статьи Nader Pourmand 2006 года, в которой впервые была показана возможность регистрации факта разделения зарядов средствами электронных технологий [3]:



Предлагается разработать технологию проектирования и изготовления матриц микрореакторов, в которых обеспечиваются условия для проведения биохимической реакции и условия для измерения значений параметров этой реакции. В зависимости от типа реализуемой биохимической реакции и способа измерения её параметров, - будут изменяться конструкции матрицы и микрореакторов. Но все они смогут быть реализованы набором микроэлектронных КМОП, МЭМС и нанотехнологий. Разработка процедур совмещения указанных технологий и является одной из задач проекта. Например, известно, что при температуре более 350С микроэлектронные структуры, изготовленные по стандартной КМОП технологии, безвозвратно теряют своё функциональное назначение; известно, что стандартные технологии изготовления алмазных плёнок работают при 850-900С. Т.к. алмазные плёнки имеют набор уникальных качеств, необходимых для эффективного функционирования различных приборов на основе матрицы микрореакторов, - становится актуальной задача разработки технологического процесса локального низкотемпературного осаждения ультрананокристаллических углеродных алмазоподобных плёнок на приборную КМОП структуру и формирование топологического рисунка электродов, селективно активированных к процессам захвата (адсорбции) фрагментов ДНК. Опыт осаждения таких плёнок на различные материалы при 70С имеется, необходимо его распространить и на приборные КМОП структуры. На разрабатываемых технологиях первым предлагается спроектировать и изготовить полупроводниковый секвенатор ДНК.

Первый полупроводниковый секвенатор, который разработала компания Ion Torrent, и его последняя модификация, - Ion Proton, содержат одинаковые функциональные узлы, и отличаются, в основном, количеством pH-чувствительных ячеек в матрице, и длиной фрагмента секвенируемого ДНК. Разработка первого образца велась Ion Torrent на протяжении более трёх лет, обошлась более чем в 30

млн. долларов США, участие в ней приняло 44 специалиста. Такое короткое время разработки диктовало необходимость применения готовых, незначительно модернизированных технологических решений, что привело к ряду технико-экономических недостатков. Применение отработанного способа иммобилизации клонированных фрагментов ДНК на магнитных шариках с полимерным покрытием предопределило наличие в секвенаторе центрифуги для распределения шариков по лункам рН-чувствительных ячеек матрицы. Причём таким способом удаётся заполнить не более 30-40% ячеек матрицы, - остальные ячейки просто не участвуют в процедуре секвенирования. Применение технологически отработанного ранее решения нанесения ион-чувствительного диэлектрика – оксида тантала, на поверхность ячеек матрицы, изготовленных по КМОП технологии, предопределило высокую инертность способа регистрации реакции секвенирования. Зарядовая нестабильность оксида тантала предопределила дрейфы поверхностного потенциала, что привело к необходимости значительно увеличивать число клонированных фрагментов ДНК в ячейке (для достижения приемлемого отношения регистрируемого сигнала к шуму), а значит и к увеличенному расходу рабочих реагентов. Относительно невысокая химическая стойкость ион-чувствительного диэлектрика, невозможность быстро и эффективно удалять отработанный материал, определила короткое время работоспособности матрицы рН-чувствительных ячеек – всего один рабочий цикл. А реализованный алгоритм секвенирования, при котором четыре рабочих раствора (в каждом только один тип нуклеотидов используется) поочерёдно подаются на матрицу (с последующей промывкой), существенно ограничивает производительность секвенатора, - этот прибор не применяют для полногеномного секвенирования сложных организмов, таких, например, как человек.

Принципом работы отечественного полупроводникового секвенатора является регистрация результатов реакции встраивания полимеразой комплементарного нуклеотида в одноцепочечный фрагмент ДНК, исследованной в работе [3]. Принцип тот же, только Ion Torrent регистрирует изменение рН раствора ячейки в результате реакции, а отечественный секвенатор - перераспределение зарядов в микрореакторе. Основные отличия состоят в способе регистрации результатов реакции, в способе подготовки и проведения упомянутой биохимической реакции, а главное – в оригинальном алгоритме, который не требует смены растворов на протяжении всего времени секвенирования. Только за счёт алгоритма, производительность отечественного секвенатора может быть в десятки раз выше американского. Существенного увеличения стабильности параметров и срока службы матрицы, защиту матрицы от воздействия рабочих растворов, возможность её многократного применения предполагается добиться за счёт разработки упомянутой технологии низкотемпературного осаждения алмазоподобных плёнок на приборные КМОП структуры. Отсутствие в отечественном секвенаторе сложных и крупногабаритных узлов, таких как центрифуга в секвенаторе Ion Torrent, а также полностью электронный способ управления режимами работы матрицы и узлами секвенатора, размещение схемы предварительной обработки и оцифровки сигналов на том же кристалле, что и ячейки матрицы, позволят значительно уменьшить массу и габариты прибора, снизить его энергопотребление. Эти меры позволят реализовать портативную аппаратуру, обеспечивающую заявленные характеристики и способную работать в жёстких, полевых условиях эксплуатации.

Сравнительные характеристики полупроводниковых секвенаторов приведены в таблице:

Параметры	Прототип Ion Torrent	Отечественная разработка
Стоимость прибора	49500 (\$ США)	не более 350 тыс. руб.
Стоимость расходных материалов:		
а) на один рабочий цикл	\$500	1500 руб.
б) на геном человека	\$5000	8-10 тыс. руб.
Длина чтения (пар оснований, п.о.)	100...200 п.о.	200...400 п.о.
Точность предоставляемой информации	99,75%	> 99,75%
Продолжительность рабочего цикла	2 час	менее 2-х часов
Разрешение чипа	1,55 мегапикселей	2...4 мегапикселей
Стоимость чипа	\$250	1500 руб.
Эффективность использования ячеек матрицы	30-40%	более 90%
Многократное использование чипа	нет	да
Количество матриц в приборе	1	4, 8, 16, 24, 32
Производительность рабочего цикла	10...100 млн. п.о.	0,3...3 млрд. п.о.

Оценка представленных технико-экономических характеристик основана на «ноу-хау» разработчиков, задельных работах участников проекта, часть опыта которых оформлена патентами [4], [5] и другими.

Не менее значимая, чем способ регистрации результатов биохимической реакции, часть проекта – обработка первичной информации, поступающей с матриц секвенатора, в формат, пригодный для использования специалистами. В этой области, специалисты проекта имеют многолетний опыт работы, который говорит о том, что будет разработан ассемблер ДНК (de novo), позволяющий восстанавливать по малым фрагментам ДНК - всю исходную цепочку молекулы с корректировкой ошибок. Для сборки финальной информации о ДНК требуется достаточно много вычислений, поэтому для ускорения

работы будут использоваться параллельные вычислительные структуры, например, процессоры TESLA NVIDIA. Также опыт разработчиков позволяет использовать и кластеры на основе серверных ЭВМ, однако это удорожит секвенатор, но для специальных приложений, использующих специализированные, в т.ч. международные базы данных ДНК, - такой вариант исполнения может быть предложен пользователю.

Кооперация разработчиков проекта включает в себя опыт работы в пробоподготовке ДНК, подготовке её к секвенированию. Одна из наиболее важных задач, - разработка и изготовление расходных материалов для секвенирования. Эту сложную задачу также предлагается решить в рамках проекта.

#### **Затраты по проекту:**

Предлагается за 4 года разработать опытный образец секвенатора, ориентировочная стоимость разработки – 350 миллионов рублей (без НДС). За последующие два года будет проведена подготовка и сертификация производства, выпущена первая промышленная партия из 48 секвенаторов, будут обучены специалисты по их эксплуатации – ориентировочная стоимость 300 миллионов рублей (без НДС). На этапе НИОКР будут привлечены внебюджетные средства, на этапе производства — инвестиции.

#### **Ожидаемые результаты:**

Стоимость секвенатора, с представленными характеристиками, для потребителя **не** будет превышать сумму в 350 тысяч рублей, секвенирование генома человека **не** будет превышать одних суток по времени и 10 тысяч рублей – по стоимости.

Модульная структура секвенатора, предлагаемые технические решения, позволят разработать кроме базового варианта, - модификации секвенатора: для работы в полевых условиях, для построения экспертных систем, работающих с доступными базами данных.

#### **Рыночные перспективы в России:**

Создание высокопроизводительного, высокоточного, доступного отечественного полупроводникового геномного секвенатора является инновационным проектом, интегрирующим и новейшие достижения нанотехнологий, молекулярной биологии, электроники, информатики, и готовность принять участие в его реализации ведущих российских учёных и специалистов. Разработка секвенатора позволит снизить технологическую зависимость России от зарубежных производителей, обеспечит создание новых рабочих мест, будет способствовать развитию отечественных технологий, науки и образования, повысит уровень национальной безопасности. Позволит реализовать вопрос о дополнении ФЗ №242 от 19.11.2008г. «О государственной геномной регистрации в Российской Федерации» разделом о добровольном секвенировании генома новорождённых, его безопасном хранении и применении под контролем государства, что позволит медицине будущего качественно улучшить здоровье каждого человека. В этом случае поставка 5000 отечественных секвенаторов в роддома России (примерно 5000 малышей рождаются в России ежедневно) вместо аналогичных зарубежных, только на импортозамещении позволит сэкономить более 15 млрд. рублей. Главная же выгода будет заключаться в доступной индивидуальной профилактике здоровья граждан, что позволит существенно снизить продолжительность их нетрудоспособного состояния, повысить продолжительность и качество жизни.

Кроме того, разрабатываемая технология, может быть использована для проектирования других классов приборов, прежде всего для проектирования синтезаторов ДНК.

### **Стадия готовности и участок работы ФПИ:**

Достигнуты предварительные договорённости о совместной работе по реализации проекта с ведущими Российскими организациями, специализирующихся на технологиях, которые будут применены при разработке.

Проект находится на начальной стадии, но направление его развития, цели и задачи – определены потребностью отечественных специалистов, основаны на задельных работах участников проекта.

Задельные работы имеются по технологиям изготовления алмазоподобных плёнок, по проектированию КМОП микросхем, по проектированию приборов на МЭМС технологиях и нанотехнологиях; задельные работы имеются по биоинформатике, - обработке первичной информации, поступающей от секвенатора, и подготовке финальной информации о последовательности нуклеотидов в ДНК. Задельные работы имеются по пробоподготовке и подготовке ДНК к секвенированию; по измерениям результатов аналогичных биохимических реакций.

Для обеспечения старта работ по проекту с начала 2014 года требуется:

1. Выполнить НИР в 2013 году по исследованию способов регистрации результатов биохимической реакции встраивания полимеразой комплементарных нуклеотидов в одноцепочечный фрагмент ДНК. Разработать на основании полученных результатов ТЗ для всех участников проекта на 2014 год. Коллектив разработчиков, ТЗ, КП для решения этой задачи имеется, осталось определиться с финансированием работы.

2. Подготовить и организовать конференцию участников проекта, ФПИ в 2013 году - для финального согласования и утверждения детального плана работ по проекту, его финансирования и отчётности.

3. Также в 2013 году организовать, согласовать с ФПИ, регламент функционирования центров и сами центры сборки проекта – лаборатории, в которых будут концентрироваться результаты работы по ключевым технологиям проекта: НИЦ Курчатовский институт, г. Москва – пробоподготовка, штаб проекта, обучение; г. Зеленоград – электронные технологии, МЭМС, нанотехнологии, производство, обучение; г. Пущино – биотехнологии, обучение; г. Саратов – биоинформационные технологии, обучение; г. Красноярск – производство, обучение.

### **Литература:**

[1] «An integrated semiconductor device enabling non-optical genome sequencing», 2011, Jonathan M. Rothberg, Wolfgang Hinz, Todd M. Rearick, Jonathan Schultz, William Mileski, et.al.:

<http://www.nature.com/nature/journal/v475/n7356/full/nature10242.html>

[2] <http://www.iontorrent.com/>

[3] «Direct electrical detection of DNA synthesis», 2006, Nader Pourmand, Miloslav Karhanek, Henrik H. J. Persson: <http://www.pnas.org/content/103/17/6466.full.pdf+html>

[4] Решетилов А.Н., Зубов В.В., Железная Л.А. Устройство для прямой электрохимической регистрации непраймированного синтеза молекул ДНК на основе рН-чувствительного сенсора. Патент РФ на полезную модель. № 114320. Зарегистрирован 20.03.2012. Заявка № 2011145234 от 09.11.2011.

[5] Решетилов А.Н., Железная Л.А. Устройство для прямой электрохимической регистрации кинетических характеристик синтеза ДНК на основе рН-чувствительного полевого транзистора. Патент РФ на полезную модель № 117433. Зарегистрирован 27.06.2012. Заявка № 2011147341 от 23.11.2011.



## Линейный электроагрегат

### Название проекта:

«Линейный электроагрегат»

### Цель проекта:

Создание электроагрегата на основе свободнопоршневого двигателя, на порядок превосходящего по массогабаритным показателям установки аналогичного назначения, производимые на сегодня промышленностью, и имеющего более высокую экономичность.

### Заявитель проекта:

С.Д. Духовлинов, с.н.с., к.т.н., инженер ООО «2Т-Инжиниринг»

### Актуальность проекта:

Уровень удельного энергопотребления человечеством и, прежде всего электрической энергии, определяет его прогресс. Поэтому, создание более компактных, легких и экономичных источников электроэнергии было, есть и всегда будет актуально. Работы в этом направлении ведутся во всех промышленно развитых странах с целью создания основных и вспомогательных систем электропитания, в том числе и для транспортных устройств различного назначения, а так же установок резервного (аварийного) электроснабжения.

### Анализ уровня достигнутых результатов в РФ по сравнению с наивысшим мировым уровнем:

В 80-х и начале 90-х г.г. в ОКБ «Горизонт» Минобщемаша СССР и ряде других предприятий велись работы по исследованию возможности создания электроэнергетической установки на основе линейного генератора и свободно-поршневого двигателя с использованием освоенных на то время промышленностью технологий. Применение в конструкции генератора жидких металлов (сплавов металлов щелочной группы) позволило обосновать возможность создания энергетических систем мощностью на уровне десяти мегаватт с удельной массой около 0,3 кг/кВт и к.п.д. не менее (40 – 50)% для использования в космических летательных аппаратах.

Разработанные, изготовленные и испытанные макетные образцы линейных электроагрегатов с пневматическими и дизельными свободнопоршневыми двигателями подтвердили правильность использованных конструкторских решений.

В конце 80-х г.г. в соответствии с конверсионными программами было принято решение о переориентации работ на создание резервных источников электропитания, в том числе и для медицинских учреждений. На это направление работ Минздравом СССР было выделено финансирование в размере 3 млн.руб.(советских). Результатом этих работ явилось создание «Системы гарантированного электропитания лечебно-профилактических учреждений мощностью 5кВт», которая была успешно испытана совместно с ВНИЦХ (Всесоюзным научным центром хирургии) при обеспечении электропитания «искусственного сердца», разрабатываемого ВНИЦХ.

На следующем этапе работ была сформирована кооперация (девять предприятий) для серийного производства и начата его подготовка.

В связи с изменением в начале 90 г.г. социально-политической обстановки в стране и, как следствие, тяжелым финансовым положением предприятия (банкротство) работы по данному направлению были прекращены.

Из зарубежных работ, проводимых в то время, можно отметить разработку компанией Sunpower установок небольшой мощности (до 1кВт) с двигателем Стирлинга для министерства обороны США и NASA. Многочисленные работы, основанные на использовании обычных электротехнических технологий, положительного результата не дали.

Создание в 80 – 90 г.г. мощных постоянных магнитов на основе неодима явилось хорошей основой для относительно простой реализации данной идеи. Работы в этом направлении активно ведутся в странах Европейского сообщества и США. Периодически (с 2005г.), заявляется о создании энергоустановок с весьма высокими удельными характеристиками, но на сегодня нам не известно ни об одной завершенной работе.

С точки зрения заявителя в этих работах не учитывается ряд существенных факторов, ограничивающих работоспособность таких устройств, которые нам удалось преодолеть при создании установок данной схемы.

#### **Новизна проводимых исследований:**

Применения неодимовых магнитов в генераторах рассматриваемого типа, с учетом опыта, приобретенного ранее, при использовании относительно простых технологий позволит создать энергоустановку, значительно превосходящую по основным показателям существующие образцы. На её основе могут быть созданы транспортные средства, имеющие высокие экономические характеристики, а также высокоэффективные системы электропитания со временем запуска и приема нагрузки не более десятых долей секунды (существующие - обеспечивают время запуска и приема нагрузки на уровне десятков секунд – минут)

#### **Затраты по проекту:**

Затраты по проекту разделяются на три этапа:

Первый этап – создание макетного (демонстрационного) образца линейного электроагрегата. Ориентировочная стоимость ~ 25 млн.руб., при сроке выполнения 1 – 1,5 года.

Второй этап – создание опытного образца линейного электроагрегата.

Третий этап – серийное производство линейных электроагрегатов.

Стоимость и сроки выполнения второго и третьего этапов будут определяться уровнем технических требований к линейному электроагрегату на основе Технического задания.

#### **Ожидаемые результаты:**

Результатом реализации данного проекта явится создание целого ряда транспортных средств с гибридными энергетическими установками по всем основным показателям превосходящим выпускаемые на сегодня. По массогабаритным показателям, а соответственно и по стоимости, энергетические установки с линейными электроагрегатами для космических аппаратов могут быть предпочтительнее других систем получения электроэнергии..

#### **Оценка по шкале риск/отдача:**

Данный проект не является высокорисковым. Принципиальная возможность создания таких установок не вызывает сомнений. Реализация проекта – вопрос времени, финансирования и работы грамотных инженеров. Отдача же может быть высокой, если успеть во время его осуществить.

#### **Стадия готовности и участок работы для ФПИ:**

Проект имеет высокую степень готовности, с учетом опыта, приобретенного при разработке аналогичных систем в 80-х г.г. Для его реализации от ФПИ требуется финансирование и помощь в организации кооперации для обеспечения серийного производства.