



# Наука в Сибири

ГАЗЕТА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК • ИЗДАЕТСЯ С 1961 ГОДА

28 мая 2015 года

СПЕЦВЫПУСК

электронная версия [www.sbras.info](http://www.sbras.info)



На фото Е. Пустоляковой: фрагмент мозаики в главном корпусе АО «ИСС» им. М.Ф. Решетнёва»

## ТЕХНОПРОМ-2015: СО РАН — ДВИЖЕНИЕ К НОВЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

**Технологии  
сибирских ученых  
для космоса**

стр. 5



4-5 ИЮНЯ 2015г.

**ТЕХНОПРОМ**

III МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

[www.forumtechnoprom.com](http://www.forumtechnoprom.com)

**Научное партнерство:  
на Земле  
и над Землей**

стр. 4, 6

## Мы создаем будущее

*Сибирское отделение Российской академии наук всегда занималось не только фундаментальными, но и прикладными разработками. Эту традицию СО РАН продолжает и сегодня. О перспективных точках развития и некоторых результатах, которые уже внедрены в практику, рассказал председатель СО РАН академик Александр Леонидович Асеев*



— Александр Леонидович, в 2015 году СО РАН участвует в целом ряде интеграционных программ федерального и регионального уровня, а также в отраслевых и научно-образовательных программах. Какие отрасли охвачены?

— Исследования ведутся в области обороны и безопасности, специальных материалов, освоения Арктики, раз-

вития нефтегазового комплекса и минерально-сырьевой базы, аграрной промышленности, ядерных и космических технологий, здравоохранения и медицины. Мы сотрудничаем с профильными министерствами, крупнейшими предприятиями, оборонными структурами и вузами.

Кроме того, у СО РАН есть предложения высокой степени готовности по созданию высокотехнологичных производств на предприятиях Новосибирской области. Коллайдеры, кристаллы различного назначения, приборы ночного видения и ИК-техника, продукты малотоннажной химии, лазерная техника, фармацевтическая продукция — вот далеко не полный список сфер, в которых есть готовые к внедрению и уже внедряемые разработки. Среди наших партнеров — ОАО «Росэл», ГК «Ростех», ГК «Росатом», ЗАО «Экран — оптические системы», ФКА «Роскосмос» и другие крупные компании, заинтересованные в научной поддержке.

— Велика ли роль СО РАН в инновационном развитии регионов Сибири?

— Сибирское отделение активно задействовано в программе реиндустриализации экономики Новосибирской области, а институты Томского научного центра СО РАН участвуют в создании инновационно-территориального кластера «ИНО Томск». Они выполняют ряд проектов, один из которых посвящен перспективным материалам для новых технологий и надежных конструкций. В Томске же в прошлом году был подписан документ о всестороннем партнерском сотрудничестве между СО РАН и Межрегиональной ассоциацией экономического взаимодействия субъектов РФ «Сибирское соглашение». В числе прочих пунктов — разработка и реализация научных, научно-образовательных и научно-технических проектов, а также содействие созданию наукоемких предприятий.

В 2014 году было принято важное решение о создании Федерального научного центра угля и углекислоты на базе институтов Кемеровского НЦ. Это позволит крупным корпорациям и предприятиям, работающим на территории Кемеровской области, использовать результаты научных исследований, участвовать в создании новых технологий глубокой переработки угля и продуктов с более высокой добавленной стоимостью.

Не могу не отметить, что на прошлом «Технопроме» в июне 2014 года было подписано очень важное соглашение с Фондом перспективных исследований. Ведутся работы в области гиперзвука, высокоэнергетических материалов, систем жизнеобеспечения человека в Арктике, а сейчас фонд рассматривает наше предложение по аддитивным технологиям.

— Можете ли Вы назвать разработки последнего времени, которые имеют большие перспективы по применению в промышленности?

— Подобных результатов очень много, поэтому я в телеграфном стиле пробежусь по основным из них. Мы интенсивно работаем с ведущими предприятиями высокотехнологической промышленности Сибирского региона.

Например, Конструкторско-технологический институт научного приборостроения СО РАН выполнил важную работу в интересах АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва». Разработана активная система обезвешивания для проведения модальных испытаний крупногабаритных трансформируемых систем в условиях имитации невесомости. Это значительно повышает качество работы и эффективности космических систем, новое поколение которых активно создается в «ИСС». В будущем разработка позволит оснащать космические аппараты рефлекторами сверхбольшого диаметра и солнечными батареями высокой мощности. Данная работа не имеет мировых аналогов.

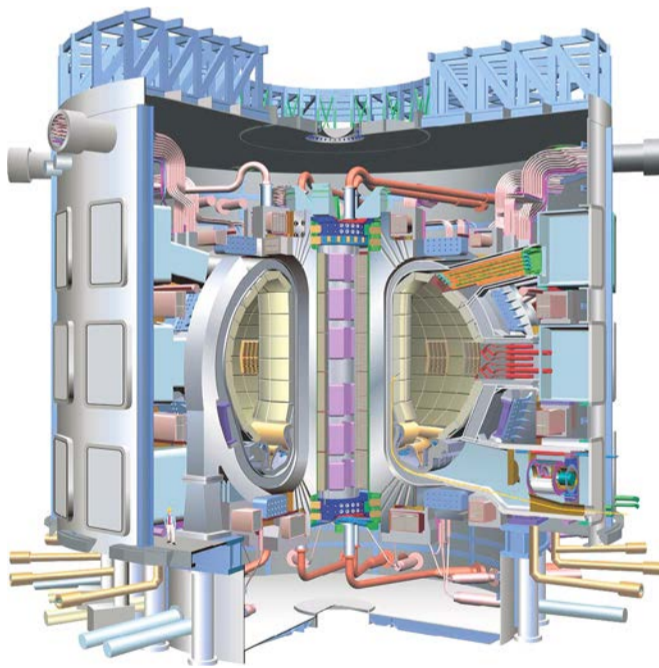
В том же КТИ НП ведутся работы по созданию лазерных технологических комплексов для измерения геометрии и обработки изделий с произвольной формой 3d поверхности. По совокупности параметров они превосходят известные аналоги российского и зарубежного производства. Ранее заказчиком была Аэрокосмическая корпорация КНР, а сейчас — АО «ИСС». Эта работа является основой новых аддитивных технологий.

В Институте химии твердого тела и механохимии СО РАН был разработан новый метод синтеза поверхностно-модифицированных наночастиц металлов. На основе этого метода уже созданы электропроводящие чернила для струйной печати, что позволяет формировать электропроводящие элементы и покрытия на плоских подложках. Мы сможем производить новые функциональные материалы и устройства в электронике, приборостроении, авиации, космической технике и других областях — от дисплеев и источников света до клеев и полимеров.

Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН предлагает новое качество решений в области электронной компонентной базы техники ночного видения, инфракрасной техники, сверхвысокочастотной, силовой, радиационно стойкой электроники, и здесь у нас есть абсолютно ясные конкурентные преимущества. Эта работа поддерживается «Ростехом» и «Росэлектроникой», но для того, чтобы все это реализовать, нужно новое качество взаимодействия с предприятиями отрасли, которые работают в Новосибирске.

— Есть ли какие-то фундаментальные результаты, из которых выйдут прикладные разработки будущего?

— Безусловно. В Институте теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН провели очень важную работу по исследо-



Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН участвует в разработке термоядерного реактора в рамках международного проекта ITER

ванию жидкометаллических теплоносителей для ядерных реакторов на быстрых нейтронах. Эти результаты будут в полной мере использованы для конструирования ядерных энергетических установок нового поколения.

Бесспорный лидер в области ядерных технологий — Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН. В 2014 году в этом институте был открыт год проекта ITER — это международный термоядерный реактор, который сейчас строится во французском исследовательском центре Караша на основе токамака, который в свое время был разработан в нашей стране. Итогом проекта станет действующий термоядерный реактор, и это может привести к качественному изменению всей мировой энергетики.

— Все эти направления очень важны в условиях импортозамещения. А есть ли что-то в области нефтепереработки?

— Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН традиционно занимает лидирующие позиции в разработке и создании катализаторов. На основе разработок ИК в г. Яровое Алтайского края создано первое в мире производство катализаторов гидроочистки нефтяных фракций в соответствии с нормами Евро-4 и Евро-6. Еще один результат ИК — разработка технологии производства усовершенствованного катализатора процесса Клауса. Этот катализатор обеспечивает теоретически максимально возможную степень очистки газов от соединений серы. В 2013 г. первая промышленная партия усовершенствованного катализатора объемом 180 тонн введена в эксплуатацию в ООО «Газпром добыча Оренбург».

— В последнее время много говорится о важности безопасности в различных сферах — от аэропортов до объектов промышленности...

— Технологиям обеспечения безопасности СО РАН уделяет особое внимание. Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева, Институт проблем химико-энергетических технологий и Институт сильноточной электроники выполнили работу по заказу ФСБ, разработав дистанционный обнаружитель следов взрывчатых веществ. Ученые нашли способ выделения следов азота в составе взрывчатых материалов, и эта разработка не имеет мировых аналогов. Мы можем дистанционно обнаружить следы содержания взрывчатых веществ с очень низкой концентрацией, с очень высокой чувствительностью, без контакта и какого-то воздействия на обследуемых людей или багаж. Система была испытана на железнодорожном вокзале Томска и показала свою высокую эффективность.

Значительная работа в области систем безопасности была выполнена Конструкторско-технологическим институтом вычислительной техники СО РАН для Красноярской ГЭС. Была разработана технология мониторинга технического состояния зданий и сооружений по данным сейсмометрических наблюдений. Эта система дает новое качество регистрации землетрясений и собственных колебаний тела плотины Красноярской ГЭС, показывая ее реальное состояние.

— Награждаются ли практические разработки СО РАН какими-либо государственными премиями?

— Наши достижения постоянно отмечаются на федеральном и региональном уровнях. Так, авторский коллектив ученых ИТ СО РАН, КТИ НП и Института автоматики и электрометрии СО РАН был награжден премией Правительства РФ в области науки и техники. Премия присуждена за разработку научных основ, создание и внедрение оптико-информационных методов, систем и технологий бесконтактной диагностики динамических процессов для повышения эффективности и безопасности в энергетике, промышленности и на транспорте.

В 2014 г. были получены две государственные премии Новосибирской области, одна из них — за автоматизацию Новосибирского метрополитена (ИАИЭ СО РАН), а вторая — за производство новых видов лазерных установок для медицины — эту работу выполнил Институт лазерной физики СО РАН.

Подготовил Павел Красин

## ТЕХНОПРОМ-2015: круглый стол «ИСС» — СО РАН

В рамках Международного форума технологического развития «ТЕХНОПРОМ-2015» 5 июня в новосибирском Экспоцентре, в конференц-зале № 2 состоится круглый стол «ИСС—СО РАН: сотрудничество в новых условиях». Время проведения: 15:45 — 17:15

Новые экономические условия ставят новые задачи перед промышленными предприятиями и научными организациями. Руководители АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М.Ф. Решетнёва» и научных организаций планируют обсудить перспективы создания отечественной технологии для производства солнечных элементов космических аппаратов, новых высокоточных лазерных приборов, проектирование конструкций из композитных материалов, бортовые робототехнические системы, нормативно-техническое обеспечение в области проектирования и расчета на прочность при создании ракетно-космической техники и другие актуальные направления.

**Модераторы:**

Александр Асеев, председатель Сибирского отделения РАН

Николай Тестоедов, генеральный директор АО «Информационные спутниковые системы» имени ак. М.Ф. Решетнёва»

**Основные участники:**

Валерий Владимиров, заместитель председателя КНЦ СО РАН

Евгений Головёнкин, главный ученый секретарь, АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М.Ф. Решетнёва»

Сергей Голушко, директор Конструкторско-технологического института вычислительной техники СО РАН

Эдуард Дружинин, заведующий лабораторией, Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН

Валерий Кирьянов, ведущий научный сотрудник, Институт автоматики и электрометрии СО РАН

Ольга Клименко, заместитель главного ученого секретаря Сибирского отделения РАН

Михаил Лаврентьев, проректор по технологическому развитию и внешним связям ИГУ

Александр Латышев, директор Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН

Михаил Матыленко, ОА «Информационные спутниковые системы» им. академика М.Ф. Решетнёва»

Владимир Москвичев, директор Специального конструкторско-технологического бюро «Наука», КНЦ СО РАН

Олег Потатуркин, заместитель директора, Институт автоматики и электрометрии СО РАН

Олег Пчеляков, заместитель директора, Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН

Василий Фомин, научный руководитель, Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН

Владимир Халиманович, директор Отраслевого центра крупногабаритных трансформируемых механических систем, АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М.Ф. Решетнёва»

Юрий Чугуй, директор Конструкторско-технологического института научного приборостроения СО РАН

Владимир Шайдуров, директор Института вычислительного моделирования СО РАН

## Николай Тестоедов:

### «Сегодня мы работаем в формате импортонезависимости»

В настоящий момент вся планета находится под присмотром космических аппаратов самого разного назначения. Они позволяют ориентироваться на местности, фотографируют леса, океаны, горы и прочие объекты, обеспечивают связь. В АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М.Ф. Решетнёва» (Железногорск) им дают в буквальном смысле слова путевку в жизнь: готовят «скелет», проектируют начинку, шьют «одежду», полируют зеркала и рефлекторы.

Генеральный директор «ИСС» член-корреспондент РАН Николай Алексеевич Тестоедов

рассказал о настоящем и будущем своей фирмы



#### А как же санкции?

Вопрос в последнее время совершенно не праздный — наложенные ограничения по понятным причинам ставят российским компаниям барьеры в сфере применения тех или иных технологий. Различные отрасли находят свои пути и способы решения возникших проблем, а понятие «импортозамещение» снова вошло не просто в активный, но в сверхактивный лексикон руководства.

По словам главы «ИСС», то, с чем сейчас столкнулась его сфера, не является необычной ситуацией или катастрофой.

«Разрабатываемый с чистого листа спутник создается лет 10–15, а целая система — еще дольше. Например, сложнейшая станция «Миллиметр», которой мы занимаемся совместно с Российской академией наук — проект 2025 года, не раньше. Электронно-компонентная база (ЭКБ) существенно меняется каждые 5–7 лет. Поэтому процесс импортозамещения, о котором все сейчас говорят, для нас стоял всегда: в ходе проектирования в составе приборов космического аппарата проходила частичная замена устаревших элементов ЭКБ, это у нас идет непрерывно».

Как пояснил Николай Тестоедов, напрямую с санкциями его фирма столкнулась даже не в прошлом, а в позапрошлом году, однако возникшую проблему удалось преодолеть.

«Сейчас просто явление большего масштаба. Оно касается не только электронно-компонентной базы, но и материалов. Были вопросы о зависимости от Украины, особенно по ракетной технике, — говорит генеральный директор, — но здесь ситуация тоже достаточно спокойная: во время визита министра обороны РФ Сергея Шойгу мы уже смогли сказать ему, что у нас в работе было 38 материалов производства Украины и стран НАТО (включая США). Мы их все либо уже заменили на отечественные, либо получили согласование и заключили договора с предприятиями и учреждениями науки и промышленности, которые разрабатывают российские аналоги. Есть, конечно, отдельные вещи типа высокомолекулярного угольного волокна, но это та ситуация, которая решается и решается».

Николай Тестоедов: «Когда мы идем от спутника через систему и прибор к элементу, то в какой-то момент наталкиваемся на такой, который требует уже отработанной технологии, поставленной на производство. Российский ученый может всё, пример с блохой классической: но ты тысячу насекомых он подковать не способен, а вот одно — да. Поэтому я считаю, что складывающаяся ситуация с созданием дизайн-центров, с малотоннажным производством, с лабораторными установками внутри Академии наук и производств — это нормальный локальный выход, который дает минимальное количество продукции с высочайшим качеством, но не требует массового квалифицированного производства, в которое просто необходимо вкладываться колоссальными деньгами».

#### Интернациональный спутник

Вообще, как становится понятно из слов Николая Тестоедова, вопрос импортозамещения — не только очень насущный и практический, но и в какой-то мере философский.

«Нет в мире понятия «французский спутник», или русский, или индонезийский, или китайский — есть те, что имеют принадлежность, определяемую только флагом, а электронно-компонентная база, материалы в высокой степени интернациональны, — поясняет свою точку зрения руководитель «ИСС». — Великая в плане техники страна США точно так же покупает высотомеры за границей, это проще и дешевле, чем разрабатывать свои».

Разумеется, совершенно неудивительно, что в какой-то момент процесс глобализации привел к взаимной зависимости. «В технике она довольно глубокая и определяется, например, Нобелевской премией академика Жореса Алфёрова, которая потом проросла в создание гетероструктур. Их мы сейчас не только покупаем за границей, но и производим свои, Институт физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН — яркий пример того, как Россия сама занялась этой проблемой», — поясняет Николай Тестоедов.

Впрочем, интернациональность тоже, как известно, бывает выражена в разной степени. В случае с РФ события последних 20 лет (помимо других негативных последствий типа вымывания компетенций) очень сильно ударили по электронной промышленности. Если отставание в сфере производства газа или нефти неприятно, но не критично и его

можно пережить, то в области электроники, информатики оно становится необратимым. «Здесь не догнать простыми решениями, — подчеркивает Николай Тестоедов. — Вышеозначенный процесс привел к следующему: доля импортной комплектации в космических аппаратах, например, производства «ИСС» составляла от 25% (проекты для Минобороны) до 75% (для коммерческих спутников с высочайшими требованиями по эффективности). Дело в том, что во втором случае заказчик выжимает каждый цент из произведенной нами продукции, поэтому применяются, например, усилители на зарубежных лампах бегущей волны, потому что срок их жизни в два раза дольше, эффективность в полтора раза выше. Вот и получилось, что на коммерческих спутниках доля иностранных компонентов более значительна».

Николай Тестоедов: «Когда мы говорим об импортозамещении, мне бы хотелось, чтобы люди чувствовали разницу. Есть это самое импортозамещение, оно как горизонт: возможно, но долго и непонятно, нужно ли. А есть импортонезависимость. В первом случае — вы заменили зарубежное на отечественное. Во втором — вместо запрещенных к вывозу элементов поставили российские или иностранные, но доступные. Сегодня мы работаем в формате импортонезависимости».

#### ГЛОНАСС для нас

«Наша продукция, если смотреть по времени выпуска, это три уровня, — рассказывает Николай Тестоедов. — Первый: 2014–2015 г., мы не сдвигаем по срокам ни один аппарат, у нас уже всё, что нужно, закуплено. Третий: 2018-й — объекты сразу проектируются, исходя из существующих ограничений. Промежуточный, второй: системы с 2016-го по 2018-й будем модернизировать. При этом изменяются сроки их создания, восполнения группировок, но это совершенно не критично. Самый простой пример — ГЛОНАСС. На сегодняшний момент мы восполняем и поддерживаем группировку с помощью ГЛОНАСС-М, семилетних спутников герметичного исполнения. Это достойные аппараты — их только ленивый не ругал, когда мы начали их делать и запускать, а теперь, когда пять из них уже переработали срок и продолжают функционировать дальше и весьма уверенно, критики исчезли».

Сейчас в «ИСС» разрабатывается ГЛОНАСС-К — спутник нового поколения, многофункциональный, обладающий массой разных функций (в дополнение к навигационной задаче местоопределения и сверки часов во всем мире), а ко всему прочему, способный провести десять активных лет на орбите.

«Я хотел бы немного пояснить, чем отличается существующий ГЛОНАСС от системы предыдущего поколения, — комментирует гендиректор «ИСС». — Когда у нас же разрабатывались «Циклоны», это были низкоорбитальные аппараты, они действовали с другой точностью, хотя точно так же скидывали информацию. Но низкоорбитальная система имеет свои недостатки — спутник улетел и его необходимо снова ждать, причем, чтобы решить триангуляционную задачу, нужно, чтобы четыре низкоразлета были одновременно в зоне видимости, а это невозможно, если не закидывать низкую орбиту огромным количеством объектов. ГЛОНАСС же — средняя орбита, непрерывно в зоне видимости потребителя (гражданского или военного) находятся 8–12 спутников, поэтому у нас есть гарантированное определение навигационной задачи в любой момент».

От этого, по словам Николая Тестоедова, проистекает соблазн: почему только навигационной? Ведь нужно — и, главное, можно! — еще то-то и то-то. «Поэтому ГЛОНАСС-К, который мы разрабатываем, а с 2018 года будем проводить его летные испытания, очень многофункционален, — отмечает глава «ИСС». — Вследствие санкций мы на два года перенесли сроки запуска, и за это время будем использовать аппараты промежуточной серии. Качество не меняется, но обретение многочисленных дополнительных возможностей сдвигается на пару лет. Плохо? Да. Критично? Нет. Это пример того, как санкции влияют на конкретную работу предприятия, на то, для чего мы работаем — спутники группировки. Сегодня из 139 аппаратов российской орбитальной группировки 93 — наших. И каждый из них обеспечивается, поддерживается и гарантируется».

#### One way ticket

Николай Тестоедов: «Есть три судьбы космического аппарата. Первая касается низкоорбитальных и высокоэллиптических — они, в конечном итоге, цепляясь за хвосты атмосфер, в течение нескольких лет сходят с орбиты и сгорают. Спутники, которые работают с геостационара — это дуга над экватором, самое загруженное место — там оставлять нежелательно, они будут мешать следующим, поэтому после окончания своей работы на гарантированных остатках топлива выводятся на так называемую орбиту захоронения, где и остаются. Есть аппараты типа ГЛОНАСС, когда один от другого находится в плоскости на значительном расстоянии — и если закончил свою работу, то пусть себе летает дальше, он никому не мешает».

#### Проще или сложнее?

Если дело касается проектирования спутников, то ответ на этот вопрос достаточно неоднозначен. Смотри, как оценивать. Вот, например, ГЛОНАСС-М. Он имеет герметичный контейнер, в котором находится большая часть аппаратуры. Соответственно, внутри него существует воздушная среда и система терморегулирования, что позволяет приборам работать в весьма приятных условиях. В этом плюс — можно использовать электронно-компонентную базу обычного качества.

Однако есть и подвох. «Представьте — ваш фотоаппарат, с которым вы работаете, может функционировать только в среде, допустим, азота, — улыбается Николай Тестоедов. — Тогда вы вынуждены будете создать герметичный бокс с кварцевым высококачественным стеклом, чтобы оно ничего не искажало, и станете трудиться так. Аппарату внутри комфортно, но у вас остается вес, цена, размер и так далее. То есть, иными словами, герметичные варианты, к сожалению, забирают весовые ресурсы для обеспечения своей непроницаемости».

Поэтому, как говорит руководитель «ИСС», все стремятся делать спутники негерметичного исполнения, когда конструкция представляет собой просто набор силовых элементов, например, панелей, и на них стоят приборы, которые работают в условиях открытого космоса: вакуум, ультрафиолет, излучение, перепад температур. «Это требует других материалов, других элементов, решений по ЭКБ, — отмечает Николай Тестоедов. — Получается: вы делаете спутник, он становится дороже примерно на 30%, но будет жить в два раза дольше, и в нем упаковано в два раза больше необходимой аппаратуры».

Кроме того, достаточно любопытен момент и с размерами электронных компонентов. Если в быту их топологии всё меньше — 90 нанометров, 64, начинают говорить про 40 — то по отношению к спутникам, опять же, всё не так просто. «Допустим, у нас в приборах стоят такие крохотные элементы. Прилетает тяжелая заряженная космическая частица и ионизирует пространство этих элементов — тогда они либо «защелкиваются» (меняется 0 на 1 или наоборот) и структура, их вмещающая, перестает работать, либо за счет ионизации происходит выгорание, что тоже приводит к прекращению выполнения их функций, — объясняет Николай Тестоедов. — Для предотвращения этого размеры составных частей спутника не должны быть меньше 200 нанометров. Понятно, что 90 лучше, но ведь сгорит к черту! Поэтому прибор может быть менее эффективным с точки зрения своей приборной функции, но пусть он выдержит те условия. За всё надо платить — за работу в открытом космосе и длительный срок существования...»

Николай Тестоедов: «Я думаю, что пока на Марс людям лететь не нужно. Во-первых, это колоссальные расходы, вся Земля должна работать на такой проект. Во-вторых, самое слабое звено, которое может оказаться на Красной планете — человек. Сейчас там работают аппараты, что мы в состоянии к ним добавить? У нас очень ограниченный спектр зрения, слабое усилие руки. Мы не видим в инфракрасном свете, чувствуем радиацию. На что мы способны? Нажать на кнопку, чтобы отдать команду, например, аналитатору? Но это делается так».

Возможно, было бы неплохо сделать обсерваторию на обратной стороне Луны для того, чтобы исследовать глубокий космос. Мы сегодня совместно с РАН создаем космическую обсерваторию «Миллиметр», которая будет находиться на орбите 200–300 тысяч километров, а может, уйдет на точку Лагранжа. «ИСС» разрабатывает для этого проекта уникальный инструмент — зеркало с невероятными характеристиками по точности и жесткости, вплоть до того, что нужно охлаждать гелием и сам рефлектор, и чувствительную часть. «Миллиметр» будет соизмерим с возможностями станции на Луне, выступая альтернативой».

Подготовила Екатерина Пустолякова  
Фото автора



## За пределы Земли на энергии Солнца

Научный интерес человечества всегда устремлялся в космос. Но чем больше мы узнаем, тем сильнее нам хочется пойти дальше. Для этого нам нужна энергия Солнца. Только благодаря близлежащей звезде функционируют все летательные аппараты, за ней и будущее продолжительных полетов к другим планетам



Встреча во время посещения Центра подготовки космонавтов. Слева направо: Олег Пчеляков, Сергей Крикалёв, Алекс Игнатьев

Освоение космоса сегодня — привилегия основных мировых держав. В гонке за лидерство в космической области правительства первых стран выделяют огромные бюджеты на исследование Вселенной за пределами Земли и развитие технологий, предназначенных для постижения пока еще мало известного нам внеземного пространства.

ИФП СО РАН им. А.В. Ржанова работает по грантам Российского фонда фундаментальных исследований, Минобрнауки и Российского научного фонда. Институт сотрудничает как с институтами РАН, так и с промышленными предприятиями: АО «ИСС» им. М.Ф. Решетнёва», ООО «Квант», ООО «Сатурн», РКК «Энергия» им. С.П. Королева, ЦНИИмаш.

— Наш главный заказчик оборудования и исследований в этом направлении — Российское космическое агентство, — рассказывает заместитель директора по науке Института физики полупроводников СО РАН им. А.В. Ржанова доктор физико-математических наук Олег Петрович Пчеляков. — Например, силами новосибирских ученых разработана технология производства солнечных батарей — необходимого элемента летательных аппаратов. Например, на международной космической станции (МКС) по своей площади они сравнимы с футбольным полем, благодаря чему ее можно увидеть с Земли. Большая часть этих батарей принадлежит США, поэтому по энергообеспечению орбитальной станции Россия сейчас полностью зависима. Это не страшно, так как с МКС снята всякая оборонная нагрузка и военные задачи по обеспечению государственной безопасности, в отличие от станции «Мир», которая была задействована, например, в раннем обнаружении стартов ракет.

Однако уже становится ясно: стране необходимо избавиться от этой зависимости, особенно в сегодняшней геополитической обстановке. Срок службы солнечных батарей составляет порядка 10–15 лет, это значит, что скоро им понадобится замена. В условиях объявленных санкций наложен запрет и на поставку в Россию высоких технологий и оборудования двойного назначения, которым являются солнечные батареи для космических летательных аппаратов. Те преобразователи энергии Солнца в электричество, которые можно встретить на некоторых крышах домов, имеют эффективность не более 15%. Для космоса же необходимо устройство с производительностью не менее 30%, а стоит это недешево.

— Но когда речь идет о том, что стоимость доставки груза на орбиту составляет \$25 000 за килограмм веса, то о цене батареи вопрос уже не стоит, важна ее эффективность, — поясняет Олег Петрович. — Конечно, если мы сделаем устройство легче в два раза, то и доставка его будет в два раза дешевле. Перед нами поставлена задача — создать такую технологию, которая позволяла бы производить особо легкие и высокоэффективные солнечные батареи, использующиеся для обеспечения энергией не только МКС, но и всей спутниковой системы, выполняющей огромное количество функций.

Создание и освоение серийного производства отечественного оборудования для преобразования энергии Солнца — одно из приоритетных направлений научных работ в космической отрасли.

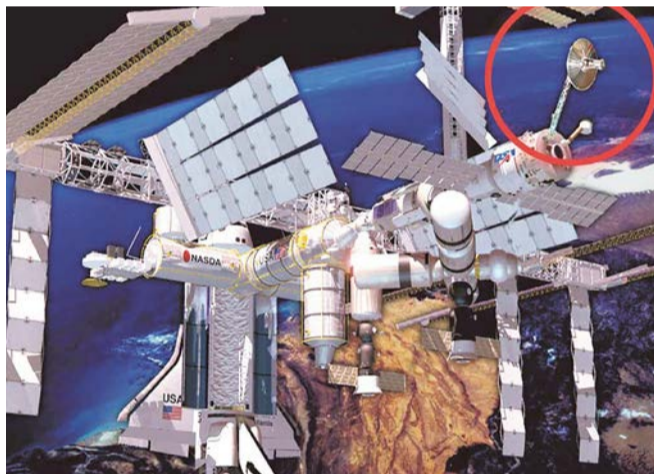
— Если мы сегодня-завтра не наладим производство, то лет через десять прекратит работу ГЛОНАСС — система, которая фактически обеспечивает независимость нашей державы в области навигации, — объясняет ученый. — Мы не задумываемся о том, насколько важна точность определения позиции объекта на Земле. Но когда начались военные действия в Осетии, в какой-то момент американцы изменили показания GPS, и наши оружейные прицелы все перенаправились: стали стрелять мимо цели. В таких условиях боевая задача становится невыполнимой.

На спутниковые системы наложены функции, которые являются государственно значимыми: обеспечение связи и геолокации, исследование поверхности Земли (раннее обнаружение пожаров и наводнений), в последнее время часто говорят и о том, что большие средства вкладываются в разработку системы независимого интернета в нашей

стране. Поэтому и обеспечение спутников энергией тоже является особо важной задачей.

Новосибирские ученые взялись за создание не только самих солнечных батарей, но и оборудования для их изготовления, причем космического базирования, то есть его установят прямо на МКС, где оно и будет фабриковать устройства переработки энергии Солнца в электричество и там же их использовать.

Поскольку основным процессом при производстве солнечной батареи является вакуумное нанесение тонкого материала на тонкую же подложку, то в реализации этой технологии поможет космическое безвоздушное пространство. К тому же сама станция летит с огромной скоростью — 7,9 км/с на высоте от 200 до 400 км. В таких условиях при обтекании расположенного на летательном аппарате защитного экрана, напоминающего зонтик, за ним возникает стабильная естественная область глубокого вакуума. Помимо этого, полупроводник — вещество, которое очень чувствительно к загрязнению: чем чище материал, тем выше коэффициент преобразования солнечного света в электричество. Поэтому технология производства в космосе, возможно, позволит получить более эффективный материал.



Международная космическая станция (в красной окружности — установка для синтеза полупроводниковых наноструктур из потока атомов и молекул различных веществ)

Подобная разработка внеземного производства солнечных батарей уже подготовлена американцем русского происхождения профессором Алексом Игнатьевым. Он сконструировал подвижную платформу, напоминающую трактор, которая при движении по поверхности Луны будет оставлять за собой шлейф из солнечных батарей. «Передвижная фабрика» способна изготавливать из лунного грунта стеклообразную подложку, потом наносить на нее полупроводник и металл. В конечном итоге, задача этого проекта — покрыть большую площадь поверхности Луны пластинами для получения энергии, которая будет накапливаться в аккумулятор, и дальше ее можно передавать на Землю по лазерному инфракрасному либо по радио-электронному лучу.

Система транспортировки энергии, полученной далеко за пределами нашей планеты, на огромные космические расстояния — задача сама по себе довольно интересная. Поток света маленького диаметра имеет весьма высокую плотность энергии и фактически становится оружием массового поражения. Поэтому необходимо этот пучок дефокусировать до безопасной концентрации в нем этой энергии, чтобы направить на Землю и использовать, например, для освещения тех мест, где наступает полярная ночь. Туда, где круглосуточно нет солнца, станет возможным подавать свет. Еще один вариант — сосредоточить его на поле солнечных батарей, обратно преобразовать в электричество и использовать в местах, обедненных солнечной энергией, которые, как правило, труднодоступны для проведения линий электропередач. Таких территорий на Земле очень много: почти половина человечества испытывает недостаток энергии.

Сегодняшнее развитие космонавтики побуждает человека устремиться к Марсу, несмотря на то, что многие специалисты сомневаются в целесообразности этой затеи. Аппараты, кото-



Космический корабль «Союз-ТМ» — главное средство для доставки экипажей и выведения полезных грузов на МКС

рые полетят на соседнюю планету, тоже будут энергозависимы от Солнца.

— С собой же не возьмешь атомный реактор, там все должно быть легкое, даже воздушное, — поясняет Олег Петрович Пчеляков. — Стенки орбитальной и межпланетной станции имеют толщину всего 1,5–2 мм. Иначе ее просто не вынести за пределы земного пространства.

Таким образом, возникает вопрос энергообеспечения длительных космических полетов: необходимы сверхэффективные солнечные батареи, которые будут производить достаточно электричества, не отяжеляя при этом конструкцию корабля.

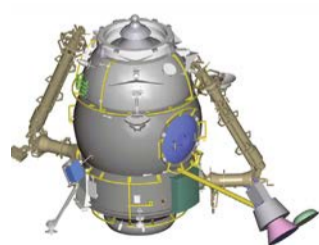
Существует еще один фактор, представляющий серьезную проблему для осуществления длительного полета к соседней планете, — это космическая и солнечная радиация. По мнению представителей NASA, которые занимаются исследованием радиационного воздействия на живой организм, человек и космос несовместимы, а дальнейшие экспедиции пока невозможны. Если миссия будет длиться дольше месяца, то запас прочности здоровья космонавта просто не выдержит нагрузок. Это и является основным препятствием продолжительных полетов и предметом интенсивных исследований, на которые в NASA выделены около четырех миллиардов долларов.

— Когда человек находится на станции на небольшой высоте — это не показательно, потому что радиационные пояса задерживают излучение, и космонавт не ощущает большой нагрузки. Тонкого корпуса корабля достаточно, чтобы оградить астронавта от вредного воздействия внешней среды. Решающую роль играет защитный эффект радиационного пояса и магнитного поля Земли. Когда аппарат полетит к Марсу, то там человек испытает на себе сильное воздействие излучения, — поясняет Олег Петрович. — Поэтому у нас ведут разговоры о полете в одну сторону. То есть люди долетят, может, даже что-то увидят, и надо будет говорить «прощайте».

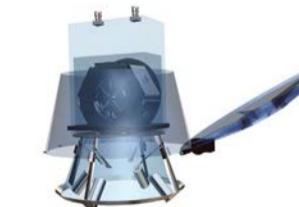
Тем не менее, на сегодняшний день как в России, так и за рубежом, ведутся исследования, направленные на решение проблемы совместимости живого организма с длительным пребыванием в космосе. По мнению директора Физико-технологического института РАН академика Александра Орликовского и его предшественника академика Камилы Валиева, будущее всей вакуумно-совместимой электронной технологии лежит в ее выносе в космическое пространство. И насколько скоро это произойдет, зависит от темпов развития пилотируемых полетов.

Анна Терехова  
Фото предоставлены О.П. Пчеляковым

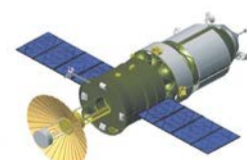
### Некоторые программы реализации экспериментов в космосе



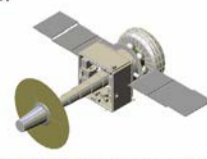
Переходной отсек международной космической станции (МКС) с установкой молекулярной эпитаксии



Один из вариантов установки для выращивания материалов преобразователей солнечной энергии на МКС



Орбитальный космический аппарат технологический ОКА-Т с молекулярным экраном

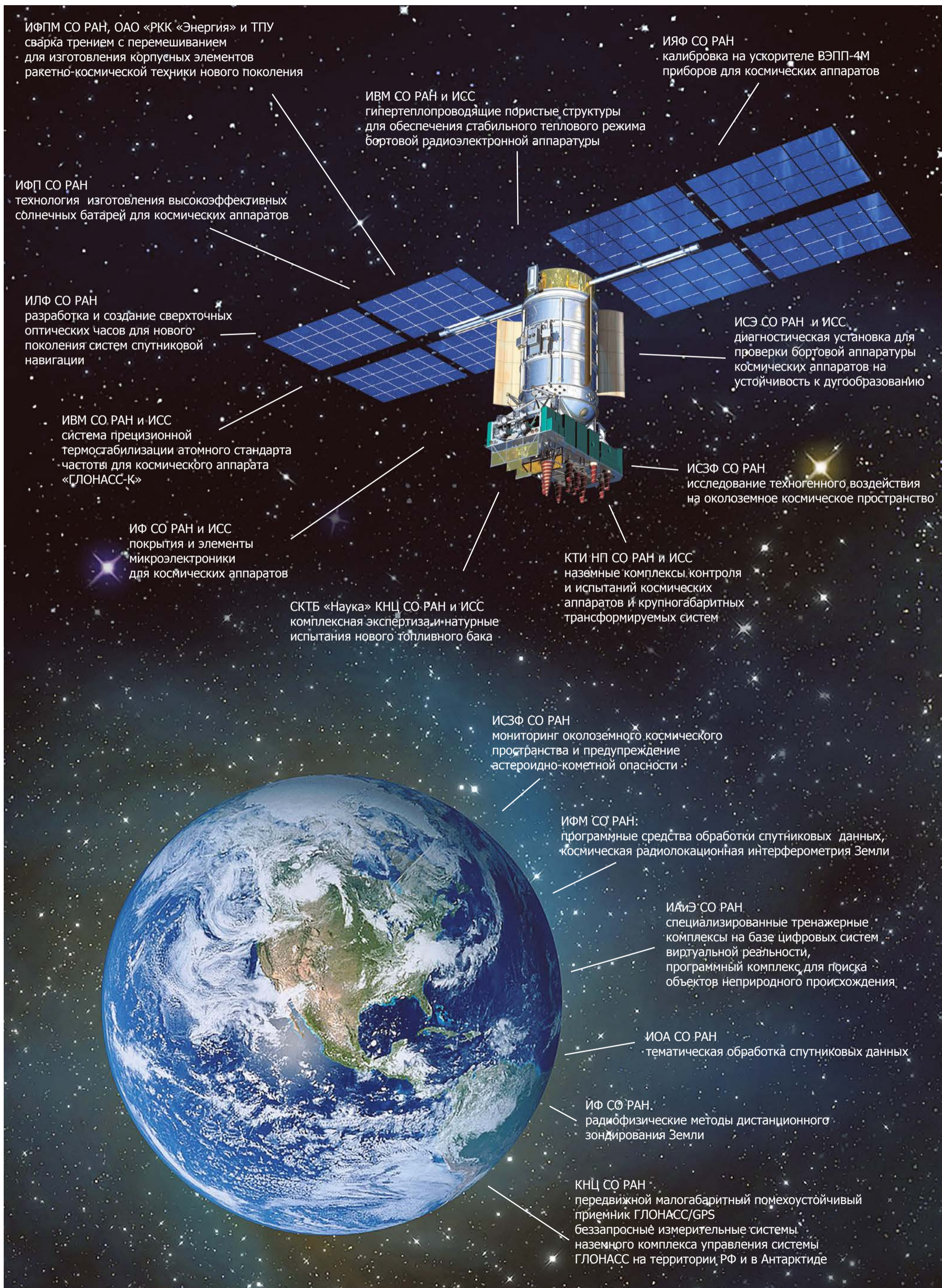


Орбитальный комплекс «Возврат» с молекулярным экраном, высота в апогее 250000 км

Соисполнители:  
ФГУП ЦНИИмаш, ОАО «НПП «Квант», ОАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева, Москва; АО «РКЦ «Прогресс», Самара; ОАО «ИСС» им. М.Ф. Решетнёва», Красноярск; ОАО «Сатурн», Краснодар; ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург



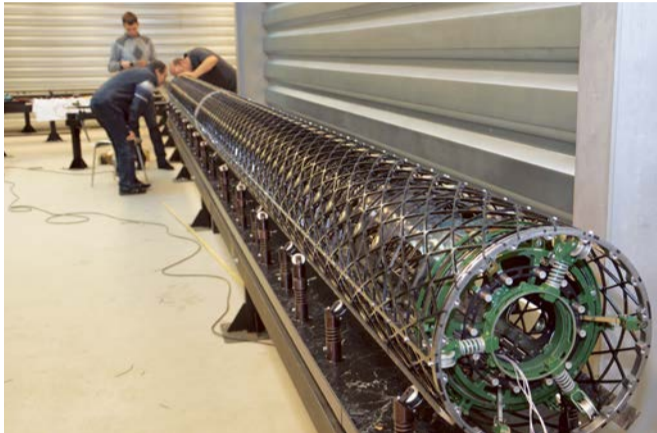
## Сибирские ученые для космоса



## На Земле — и над Землей

Одна из самых известных разработок Конструкторско-технологического института научного приборостроения СО РАН — система для контроля параметров колесных пар — вещь самая что ни на есть земная: поезда, как-никак, ездят по поверхности нашей планеты. Однако специалисты создают и такую аппаратуру, которая используется для изготовления объектов, наблюдающих за нами сверху, из далекого космоса. «Наука в Сибири» рассказывает о многолетнем уникальном, плодотворном партнерстве КТИ НП с одним из гигантов российской космической отрасли АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва»

Для того, чтобы создавать современную, способную конкурировать на рынке продукцию, «ИСС» требовалось улучшение характеристик выпускаемых космических аппаратов. «Достичь этого можно было внедрением самых передовых зарубежных и отечественных технологий (в том числе и измерительных), материалов и комплектующих изделий, так что мы решили создать новую российскую кооперацию, в первую очередь из числа научных и образовательных учреждений. Одним из наших отечественных партнеров стал и КТИ НП СО РАН, — вспоминает заместитель директора отраслевого центра трансформируемых механических систем АО «ИСС» Александр Величко.



Монтаж и испытания изделия «спица»

«Не ошибусь, если скажу, что одним из важнейших направлений развития космической техники являются постоянное совершенствование целевой аппаратуры спутников. Ее ключевой частью являются антенны различного назначения и конструктивного исполнения, предназначенные для работы в требуемых частотных диапазонах. Особая сложность в изготовлении и, соответственно, большие финансовые и временные затраты выделяют крупногабаритные трансформируемые антенны в отдельный сегмент, работать в котором по силам только самым передовым компаниям в мировой отрасли, — продолжает Александр Величко. — Нужно сказать, что АО «ИСС» выбирает партнеров и поставщиков очень скрупулезно. Мы стараемся до начала контрактных отношений узнать смежника поближе, познакомиться с руководителями и специалистами, производственной, испытательной и научной базой, всесторонне рассмотреть их предельные предложения, провести совместные совещания, где устраивается «мозговой штурм» стоящих технических проблем, которые предстоит решать вместе».

Первый заключенный между АО «ИСС» и КТИ НП СО РАН договор касался технологического оборудования для настройки крупногабаритных трансформируемых рефлекторов (с диаметром более 20 м) при их изготовлении на базе распределенных датчиков расстояния. Примечательно, что заказчик поставил ряд жестких условий: срок выполнения договора — пять месяцев, а датчики расстояния должны быть в десятки раз дешевле и компактнее существующих зарубежных. Институт успешно справился с поставленной задачей. В установленные сроки он разработал и поставил автоматизированную систему для контроля позиционирования их поверхности на стапеле, причем выполнил свои обязательства быстро и эффективно, включая монтаж и настройку оборудования на производственной площадке «ИСС». «Результаты здорово помогли нам на этапе первичного освоения технологии создания таких рефлекторов», — подчеркивает Александр Величко.

Первый реализованный проект заложил основу дальнейшего сотрудничества, которое продолжается и развивается уже более семи лет. В течение этого времени были реализованы несколько опытно-конструкторских работ.

Среди них — создание оптоэлектронного комплекса контроля развертывания крупногабаритных трансформируемых систем (КТС). Специалисты КТИ НП СО

РАН должны были продумать, изготовить, смонтировать, провести пуско-наладочные действия, а также осуществить ввод в эксплуатацию такой структуры, которая могла бы координировать, документировать и анализировать процесс разворачивания КТС, а также вести мониторинг на предмет обнаружения внешних ситуаций, при этом формируя базу данных. Созданный комплекс уже несколько лет успешно эксплуатируется специалистами «ИСС».

Еще одна выполненная для АО «ИСС» работа — изготовление и поставка рабочего места на базе станка с числовым программным управлением для формирования дихроичной структуры контурных рефлекторов, которая определяет диаграмму излучения приема антенны. Этот комплекс позволяет, используя метод абляции (испарения) под действием лазерного луча, формировать сложные рисунки на пространственных криволинейных поверхностях в тонких металлизированных пленках. Причем процесс формирования изображения координируется системой программного управления самого станка. Здесь оказался востребованным опыт КТИ НП в части применения лазерных технологий для синтеза различных элементов (структура аналогичного назначения была поставлена по контракту в Китае).

«Кроме того, у нас в институте впервые в стране разработана, создана, проверена и передана АО «ИСС» современная автоматизированная система управления тепло-вакуумными испытаниями космических аппаратов, в том числе с имитацией внеземных условий, — говорит директор КТИ НП СО РАН доктор технических наук Юрий Васильевич Чугуй. — С ее помощью проводят различные тесты в крупногабаритной горизонтальной вакуумной камере ГВУ-600 (ее объем — более 600 м<sup>3</sup>). Она способна обеспечить анализ нештатных ситуаций, выполнять процесс прекращения всех процедур в режиме «сохранение объекта испытаний», контролировать более 103 различных точек изделия в диапазоне -150 ÷ +150°C. Благодаря оригинальному алгоритму, основанному на физических свойствах объекта испытаний и стенда, производится расчет управляющих сигналов и их последовательность, обеспечивающая проведение термобалансных тестов по сотням точек одновременно, причем в режиме реального времени».

По словам руководителя этого проекта заместителя директора Александра Григорьевича Верхогляда, систему отличает большое количество контролируемых, анализируемых и управляемых параметров, значительный динамический диапазон их изменения, непрерывность осуществления испытаний в течение 720 часов без единого сбоя и отключения. «Расчетный срок эксплуатации комплекса — 17 лет, — поясняет заместитель директора КТИ НП СО РАН кандидат физико-математических наук Михаил Федорович Ступак. — Это оборудование изготовлено в рамках коренной модернизации экспериментальной базы АО «ИСС» для полноценного проведения всех необходимых проверок космических аппаратов с учетом нового стандарта их времени использования (до 15 лет). В настоящее время испытательная камера является чрезвычайно востребованной, она работает 24 часа в сутки без перерывов круглый год, и между подразделениями «ИСС» существует жесткая конкуренция за возможность доступа к ней».

Также в КТИ НП СО РАН создан не имеющий мировых аналогов многоканальный активный комплекс обезвешивания для проведения модальных испытаний крупногабаритных трансформируемых систем в условиях имитации невесомости. «Он имеет уникальные технические характеристики и позволяет производить наземную экспериментальную обработку КТС космических аппаратов, в том числе, рефлекторов диаметром около 50 метров, — комментирует Юрий Чугуй. — В настоящее время осуществляются ОКР по изготовлению, поставке заказчику, монтажу, пуско-наладочным работам и вводу в эксплуатацию опытного варианта, что позволит в итоге обеспечивать оснащение спутников рефлекторами сверхбольшого диаметра и солнечными батареями высокой мощности».

Несколько лет назад АО «ИСС» и КТИ НП СО РАН заключили договор на выполнение разработки телескопической спицы для рефлектора диаметром до 48 м. «Сейчас на



Фрагмент системы обезвешивания в процессе наладки

нашем предприятии идет сборка рефлектора антенны с диаметром апертуры 40 м, в составе которого находятся 8 спиц, механизмы раскрытия которых спроектированы и изготовлены Конструкторско-технологическим институтом научного приборостроения», — говорит Александр Величко. Он отмечает, что выбор принципов, которые необходимо было заложить, продолжался долго. Вначале КТИ НП СО РАН предлагал очевидные, зарекомендовавшие себя в промышленности и на транспорте решения, но они по разным критериям не подходили для космического применения и задач, поставленных перед механизмом. «Тем не менее проблема была с блеском решена: институт спроектировал и изготовил устройство — оно, перемещаясь внутри трубы в прямом и обратном направлении, последовательно выдвигало и раскрывало сначала концевое, а затем промежуточное звено спицы», — комментирует Александр Величко.

Он вспоминает: «Работы по сборке и испытаниям второй и последующих спиц КТИ НП провел на производственных площадях «ИСС». Бригада специалистов института, состоящая из конструкторов и слесарей-сборщиков, работая с 8 часов утра до позднего вечера, героически завершила эту работу. Понимание необходимости напрячь в нужный момент все силы, пожертвовать личным временем и интересами ради дела вызвало большое уважение с нашей стороны. Это касается всех работников КТИ НП, участвовавших в этой эпопее, но хочется особо отметить вклад главного конструктора спицы Дмитрия Скокова и руководителя темы Александра Верхогляда».

Сотрудничество ИСС и КТИ НП динамично развивается по нарастающей. В настоящее время специалистами КТИ НП выполнены опытно-конструкторские работы по созданию уникальной измерительной системы для контроля формы 10-метрового зеркала телескопа для оптической обсерватории в рамках национального проекта «Миллиметр», нацеленного на исследование далеких галактик. Одновременно разрабатываются измерительные технологии для исследования деформаций лепестков телескопа при криогенных температурах (имитация космических условий).

Как-то во время «Решетнёвских чтений» (а они проводятся в «ИСС» ежегодно) директор Отраслевого центра крупногабаритных трансформируемых механических систем Владимир Иванович Халиманович после доклада специалистов КТИ НП оброчил примечательную фразу: «Нам сильно повезло, что в орбите нашего сотрудничества оказался КТИ НП. Мы даже не думали, что рядом с нами существует такая уникальная организация: порой у меня складывается такое ощущение, что институт может решить любую проблему. По крайней мере, все поставленные нами задачи КТИ НП воплощает успешно».

Подготовила Екатерина Пустолякова  
Фото предоставлены КТИ НП СО РАН

## Владимир Шайдунов: «Математическое моделирование должно идти впереди эксперимента»

В Институте вычислительного моделирования СО РАН в марте этого года завершился совместный пятилетний проект с Пекинским университетом авионавтики и астронавтики: специалисты не только обучали молодых коллег, но и делились опытом, касающимся создания цифровой аэродинамической трубы

Математические модели сейчас буквально захватывают весь мир: на компьютерах обсчитываются возможные варианты развития событий при стихийных бедствиях и катастрофах, системы безопасности, распространение атмосферных примесей — всего не перечислить. Электронный «мозг» способен решать сложнейшие задачи с множеством неизвестных, а человеческий разум придумывает всё новые и новые условия, параметры и сферы применения.

«Можно сделать реальный аэродинамический обдув сложных элементов летательной конструкции или изделия целиком, но следует помнить, что каждый такой реальный эксперимент — это месяцы подготовки и анализа, а также высокая стоимость, — поясняет директор ИВМ СО РАН член-корреспондент РАН Владимир Викторович Шайдунов. — Один эксперимент, который продолжится доли секунды, обходится в сотни тысяч рублей. Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН обладает уникальными аэродинамическими трубами, но эксперименты на каждой из них можно позволить себе далеко не ежедневно. Математическое же моделирование, постоянно усваивающее настроечные данные, должно сделать так, чтобы большую часть экспериментов, особенно подготовительных, делать на вычислительных системах. Конечно, вычислительные методы не смогут полностью заменить реальный физический эксперимент. Однако международный опыт показывает: как следует из отчета компании «Боинг», удешевление разработок получается не очень значительное (10–15%), зато их ускорение — чуть ли не вдвое (до 40% экономии времени). Так что математика и математическое моделирование должны идти впереди физического эксперимента. На это и нацеливался наш проект».

Кстати, Пекинский университет авионавтики и астронавтики был построен в 1952 году как подарок советского народа. «Среди первых преподавателей было много выпускников МГУ. Некоторые из них до сих пор вспоминают при знакомстве русские слова», — отмечает Владимир Шайдунов.

Прежде всего, по словам Владимира Шайдунова, необходимо создавать эффективные (с приемлемой точностью) и экономичные методы. «С этой точки зрения двумерных задач наreshали уже много, надо переходить к трехмерным, а у нас в стране по пальцам можно пересчитать группы вычислителей, которые способны создавать и использовать трехмерные нестационарные алгоритмы в аэродинамике, — комментирует ученый. — Дело в том, что и дискретных уравнений, и неизвестных в них — миллиарды в каждый момент расчетного времени, а еще нужно проследить их развитие во времени. Поэтому тут потребовались новые, более адекватные способы и варианты, чем те, которые были развиты до этого. Еще один момент: математические модели сначала были довольно простые, затем постепенно усложнялись, но до сих пор в некоторых случаях недостаточно близки к реальности — «привирают» с погрешностью от 10 до 20%. Так что в первую очередь нужно совершенствовать математические модели и вычислительные методы. А при их реализации в виде алгоритмов необходимо еще учитывать архитектуру используемых вычислительных систем, поскольку на одном компьютере с небольшим числом процессоров невозможно посчитать трехмерные нестационарные задачи. Так что в улучшении нуждаются и математические модели, и вычислительные методы, и

программные комплексы. Приходится заниматься всеми тремя аспектами».

Кроме исследовательской кооперации, проект работал и на образование: проводились летние и зимние школы по обучению студентов, аспирантов и молодых специалистов в области компьютерных технологий, параллельных вычислений, компьютерных архитектур, численных методов нижнего уровня, и в конечном итоге — вычислительной аэродинамики. «Когда мы начинали, то в этом образовательном направлении были практически единственной российской партнерской организацией, — рассказывает Владимир Шайдунов. — На следующем шаге были вовлечены сотрудники Сибирского федерального университета, а также Сибирского государственного аэрокосмического университета им. М.Ф. Решетнёва (Красноярск). Затем к образовательным мероприятиям присоединились сотрудники Московского физико-технического института». Помимо «массовых» образовательных мероприятий велась подготовка конкретных магистрантов и докторантов. Владимир Шайдунов отмечает, что за прошедшее время один из его учеников стал профессором, пройдя стажировку сначала в ИВМ СО РАН, а затем — в США и Германии.

«За это время также получилось множество совместных публикаций, были проведены две большие и влиятельные международные конференции (обе прошли в Пекине)», — говорит ученый. Впрочем, уже согласовано, что летом 2016 года третья конференция состоится в Красноярске.

Екатерина Пустолякова

## Повелительница антенн

Цех номер 032 АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М.Ф. Решетнёва» напоминает помещение из научно-фантастического фильма: огромный светлый купол, высокотехнологичные конструкции, специальные условия (температура, влажность, степень чистоты, скорость потока воздуха). Здесь собирают антенно-фидерные системы для спутников, то есть собственно антенны и всё, что связывает их с бортовыми устройствами. Сам цех появился четыре года назад и его руководителем является единственная женщина из всех начальников производственных подразделений предприятия — Елена Юрьевна Просвирина

«В числе наших наиболее интересных и наукоемких проектов — две федеральные программы опытно-конструкторских работ, задачей которых является создание научно-технического задела для будущих аппаратов. В объеме одной из них мы занимаемся изготовлением рефлектора с апертурой до 48 метров. На данном этапе он находится в промежуточном состоянии и раскрыт на две трети, это определенный шаг наземной экспериментальной отработки», — говорит Елена Просвирина, указывая на огромные ажурные спицы, очень сложные даже на вид.



Елена Просвирина

После раскрытия рефлектора до 30 метров, его настройки и испытаний будет проведена переборка рабочего места для того, чтобы раскрыть спицы полностью и закончить изготовление объекта. Можно увидеть, что сверху натянута формообразующая структура: объемные параболоиды из лент и шнуров с одной и с другой сторон от спиц. «Снизу будет подведена радиоотражающая поверхность», — комментирует начальник цеха. — Все это увязано оттяжками, отрегулировано по профилю в заданную геометрию и точность». Сборка первого этапа была начата в марте, к концу апреля все труды по отработке раскрытого промежуточно рефлектора закончены, чтобы перейти к основному процессу, когда рефлектор откроется посекторно, на 48 метров.



Спицы рефлектора

Любые трансформируемые конструкции, которые собираются в цехе, будут действовать в невесомости, соответственно, это необходимо учитывать в ходе изготовления. «Для реализации данного требования используются специальные системы обезвешивания, конструктивно разные в зависимости от поставленных задач», — поясняет Елена Просвирина. — Для рефлектора — портал с восемью направляющими, на каждой из которых размещены по три высокоскоростных привода со специальными модулями, снимающими по определенному алгоритму вес со спицы в зависимости от этапа ее раскрытия. Существует целый ряд систем обезвешивания: с использованием кареток, механических балансиров, шаров. Принцип последней таков: шар из специального материала необходимого объема для требуемой подъемной силы наполняется гелием, специально тарируется, подводится к элементам раскрываемых конструкций и снимает вес в процессе открытия».



Шар с гелием

Еще одна федеральная программа, в которой участвует цех — обсерватория «Миллиметр».

«НПО им. Лавочкина изготавливает модуль служебных систем и отвечает за обсерваторию в целом, наше предприятие делает уникальное зеркало диаметром 10 метров с точностью профиля 10 микрон. Вокруг собственно зеркала должна быть смонтирована целая система теплозащитных экранов, обеспечивающих на его поверхности температуру при эксплуатации в 4,5 градуса Кельвина. Пока идет этап изготовления и проверки принятых решений на отдельных конструкторско-технологических макетах составных частей зеркала. Далее будет создано комплексное изделие этапа наземной экспериментальной отработки — изделие динамических испытаний», — говорит Елена Просвирина.

Главное зеркало «Миллиметра» — объект очень сложный. Это 72 «лепестка», имеющих собственную систему коррекции их геометрического положения в процессе эксплуатации, систему их синхронного раскрытия по сложной «косой» траектории из трехметрового «кокона» в апертуру 10 метров. Радиоотражающие поверхности обсерватории — объемные углепластиковые обшивки, раскрепленные на 24 ажурных силовых каркасах.

Кроме федеральных программ, цех обязательно участвует во всех текущих проектах «ИСС». Например, в отработке ГЛОНАСС новой модификации. Елена Просвирина указывает на панели с фотогенерирующими преобразователями: «Эта панель является объектом наземной отработки для динамических и термовакуумных испытаний: конструкция штатная, а для оптимизации затрат почти везде имитаторы преобразователей, и только на небольшом участке установлены работающие элементы». Рядом можно увидеть солнечные батареи в штатном исполнении для аппаратов самого тяжелого класса площадью до 80 квадратных метров и мощностью до восемнадцати киловатт на орбите.



Панели с фотогенерирующими преобразователями, макет

Для создания таких сложных объектов необходим высококвалифицированный персонал. «На участке крупногабаритных конструкций в цехе работают 46 человек. В две смены, а когда нужно — круглосуточно. Коллектив молодой, возраст 28–35 лет. Для требуемого уровня квалификации постоянно проводятся профессиональная подготовка, аттестация, получение дополнительного высшего образования по специализации цеха», — отмечает Просвирина.



Сотрудники цеха за работой

Технологическое и измерительное оборудование, используемое в цехе, является уникальным. «Например, реализуемая при сборке и настройке рефлекторов система измерения и обезвешивания», — говорит руководитель. Ранее при габаритах изготавливаемых изделий до 12 метров использовались стапельные конструкции технологического оборудования: кантователь, объемный шаблон профиля рефлектора. «При переходе на последующий размерный ряд изделий возникла необходимость поиска

альтернатив стапельным конструкциям», — поясняет Елена Юрьевна. — В настоящее время найдены универсальные решения данных технических задач: кантование изделия осуществляется специальными грузовыми приводами системы обезвешивания, для создания профиля используется система внутрицехового позиционирования. То есть несколько передатчиков устанавливаются по периметру того пространства, в котором нужно контролировать объект, создавая непрерывное лазерное поле. С помощью специальных индикаторных устройств система способна в габаритах до 100 метров с точностью до 0,2 мм определить положение любой точки, а программное обеспечение — положение этой точки относительно виртуальной теоретической поверхности рефлектора. Все это позволило сделать уровень технологического оснащения универсальным, независимо от габаритов, конструктивного исполнения и геометрии профиля рефлекторов больших антенн».

Еще одно уникальное оборудование — радиотехнический сканер. Сканирующий зонд прибора направляет импульсы рабочей частоте антенны на поверхность рефлектора с точностью позиционирования по 0,05 мм, далее с облучателя антенны идет съем отраженного сигнала и передача на обрабатывающую станцию. «На выходе получается графическая диаграмма направленности, формируемая этой антенной в процессе эксплуатации», — говорит Елена Просвирина. — В России аналогов такого оборудования нет: высокая точность и производительность, полная автоматизация процесса измерений, а также работа в ближнем поле, что позволяет исключить необходимость создания специального помещения, так называемой «безэховой камеры».



Радиотехнический сканер

«Из твердотельных антенн мы обладаем технологией изготовления контурных антенн, мощность сигнала которых направляется только на конкретную расчетную территорию, мультиспектральные антенны, обеспечивающих передачу сигналов в конкретно заданные точки территорий, антенн совмещенных диапазонов», — поясняет Елена Просвирина.

«Самое широко используемое измерительное оборудование — оптический лазерный радар», — поясняет руководитель. — Это наиболее успешно применяемая в мировой практике аппаратура в области бесконтактных лазерных измерений. Точность — 0,05 миллиметра, дальность действия до 60 метров».



Пространство цеха

Купольная конструкция цеха позволяет при необходимости использовать всё его внутреннее пространство — габаритами до 68 метров. В здании функционирует автоматизированная система управления параметрами чистых зон: установлены специальные датчики, контролирующие состояние среды — температуру, влажность, запыленность и интенсивность потоков воздуха, ведь последние не должны влиять на замер ажурных конструкций. «Наше производство современно, мобильно и быстро переналаживаемо. Зайдете через месяц — и всё будет выглядеть по-другому», — говорит Елена Просвирина.

## Тепловизоры, лазеры, сварка и нобелевский лауреат

Сибирские ученые из трех институтов рассказали о нескольких проектах, которые представлены на форуме «Технопром-2015»

«В этом году «Технопром» проходит в третий раз, это молодое мероприятие, но нужно отметить, что в России он единственный, посвященный технологическому развитию, — отметила помощник губернатора Новосибирской области по вопросам образования, науки и инноваций **Марина Ивановна Ананич**. — Мы будем искать точки роста, и они невозможны без серьезной фундаментальной науки. В частности, на форуме ожидается демонстрация около 70 разработок 15–20 институтов. Будут представлены медицинские, аддитивные и биотехнологии, фотоника, металлообработка».

«Как правило, реальные приборы везти достаточно сложно, но, конечно, покажем и их, — улыбается главный специалист по выставкам Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН кандидат физико-математических наук **Николай Борисович Придачин**. — Например, образцы нанотранзисторов, быстроедействие которых исчисляется в терагерцах. На основе этих элементов создан нанотранзистор фемтомольной чувствительности, восприимчивый к молекулам органики. Дело в том, что его размеры достаточно малы, чтобы из-за одной частицы, сорбирующейся на затворе, сильно поменялись характеристики. Таким образом мы можем провести, допустим, анализ крови или ДНК».



Установка молекулярно-лучевой эпитаксии (ИФП СО РАН)

Кроме того, на форуме будут представлены установки для молекулярно-лучевой эпитаксии, которые уже стали «визитной карточкой» ИФП СО РАН — их создано больше 100, и они работают во многих городах мира. В качестве еще одной установки Николай Придачин назвал медицинский матричный тепловизор: его чувствительность составляет семь милликельвинов, он способен уловить даже колебания атмосферы при почти комнатной температуре. «Таких приборов тоже сделано около сотни, они стоят в различных клиниках, в том числе в Новосибирске», — говорит ученый. На базе этого же тепловизора создан еще и микроскоп, позволяющий рассматривать нанообъекты, отмечая, где идет выделение тепла, что, по словам Николая Придачина, очень важно для прогнозирования работы микросхем.

Ученые ИФП СО РАН показывают новейший электронный микроскоп, несколько лет назад пополнивший приборную базу института и центра коллективного пользования «Наноструктуры». Этот прибор имеет очень высокую разрешающую способность, а также включает в себя спектрометры для анализа рентгеновского излучения и характеристических потерь энергии электронами (это позволяет проводить локальный химический анализ элементов). Изображение выводится через камеру на компьютер, а при наличии скоростного интернета все исследования можно проводить из любой точки мира: оператор только загружает объект, а управление может проходить дистанционно.

Если говорить о таком направлении, как освоение северных территорий страны, то здесь ИФП СО РАН предлагает компьютерный стенд, который способен контролировать работу трубопроводов (в частности, несанкционированный отбор сырья или образовавшуюся пробку) с высокой точностью.

Арктической теме касается и одна из технологий, предложенных Институтом лазерной физики СО РАН: лазерно-плазменная наплавка антикоррозионных покрытий. Она будет применяться для защитной обработки поверхности труб, включая магистральные газо- и нефтепроводы. Кстати, в настоящее время этим активно интересуется Китай, планируя заключить с ИЛФ контракт.

Заведующий лабораторией мощных непрерывных лазеров ИЛФ СО РАН **Геннадий Николаевич Грачёв** поясняет:



В ИТПМ СО РАН занимаются усовершенствованием технологии лазерной сварки



Малолитровая аэродинамическая труба Т-325 (ИТПМ СО РАН)

«В институте лазерно-плазменное направление активно развивается последние десять лет. Одно из применений — когда мы зажигаем лазерную плазму на поверхности с помощью множественных импульсов, осуществляя модификацию поверхности или азотирование. Эта технология применяется для упрочнения деталей, работающих в экстремальных условиях, например, деталей двигателей внутреннего сгорания, и позволяет на порядок увеличить срок службы, уменьшить износ и трение. Разработки уже предполагают для внедрения в производство локомотивов для ОАО «Российские железные дороги», автомобилей КАМАЗ и так далее».

Кроме того, ученые ИЛФ СО РАН научились синтезировать сверхтвердые покрытия на сталях и сплавах (использование такого напыления на простых победитовых резаках позволило увеличить их ресурс в 2,5–3 раза), а также углеродные наноструктурированные покрытия на цветных металлах (что способствует созданию аккумуляторов и конденсаторов сверхвысокой емкости, причем в десять раз более легких, чем существующие).



Лазерная система на основе параметрического усиления (ИЛФ СО РАН)

«На прошлогоднем «Технопроме» мы представляли наши проекты, касающиеся разработки и создания макетов оптических фемтосекундных часов, использование которых в системе ГЛОНАСС позволит определять в режиме реального времени координаты, местоположение объекта с точностью лучше, чем в один сантиметр, — комментирует заместитель директора ИЛФ СО РАН кандидат физико-математических наук **Владимир Иванович Денисов**, — если бы в момент большого взрыва запустили наши часы, то к сегодняшнему дню они бы отстали на одну секунду».

Ведущий сотрудник ИЛФ кандидат физико-математических наук **Владимир Иванович Трунов** показывает на сложную конфигурацию приборов, находящуюся за стеклом, в чистом помещении: «Здесь мы развиваем мощную лазерную систему на основе параметрического усиления — это один из принципов получения мощных фемтосекундных импульсов. Если говорить о фундаментальном значении работ, то существует несколько пределов интенсивности излучения, при достижении которых можно наблюдать много интересных явлений. В качестве приложений можно назвать созданный в результате сотрудничества с Институтом оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН (Томский научный центр) лидар — в отличие от традиционных, он позволяет одновременно диагностировать большое количество разнообразных примесей в воздухе».

Еще одно применение — это использование таких мощных систем для ускорения заряженных частиц. «Это могут быть электроны, в дальнейшем — протоны и даже ионы, — комментирует Владимир Трунов. — Здесь мы работаем

с Институтом ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН. Самое любопытное, в отличие от ускорителей огромного диаметра, здесь, в этой комнате, можно получить частицы с соизмеримой энергией. Правда, у них меньший заряд, но, например, для адронной терапии раковых опухолей его вполне достаточно».

ИТПМ СО РАН участвует в разработке перспективного пилотируемого транспортного космического корабля, который должен прийти на смену «Союзу». Он планируется больших размеров, с элементами мягкой посадки и возможностью комбинировать снос с помощью специальных двигателей.

Заместитель директора Института теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН доктор физико-математических наук **Анатолий Митрофанович Оришич** предложил подумать над вопросом: какое отношение лазер имеет к авиации?

«Самое прямое!» — восклицает ученый. Дело в том, что, как известно, все самолеты делаются методом заклепок: к сожалению, до сего дня не изобретено способа сварки алюминия так, чтобы прочность шва была равна прочности основного металла. «Если бы нам удалось это сделать, то экономия составила бы до одной трети», — говорит Анатолий Оришич. Шанс есть у лазерной сварки (вот и лазеры!). В ИТПМ СО РАН уже решили задачу для титана, но с алюминием есть ряд проблем. «С бытовыми сортами мы работаем успешно, а вот с особым авиационным сплавом — нет», — отмечает исследователь.

Еще одно актуальное для сегодняшнего дня направление — аддитивные технологии. «Как делается любая деталь? Сначала берется большой кусок, отрезается все лишнее. А можно взять порошок и с нуля вырастить объект с нужными нам размерами, — объясняет Анатолий Оришич. — Мы ввели термин микрометаллургия: берем маленький объем сырья, варим нужный «суп» (у нас есть «ноу-хау» в виде добавления нанопорошков), а потом создаем нужную деталь. Это нужно и в сварке, и в наплавке».

Кстати, по словам Марины Ананич, в настоящее время идет очень серьезная работа над приглашением на «Технопром» нобелевского лауреата **Аmano Хироси**. «Первое его пожелание — встретиться с руководством и учеными ИФП СО РАН, так как у них близки научные направления, — прокомментировала помощник губернатора НСО. — Возможно, у них получится совместное исследование и сотрудничество».

Екатерина Пустолякова  
Фото Юлии Поздняковой



Высокоразрешающий просвечивающий электронный микроскоп (ИФП СО РАН)

**Наука в Сибири**

УЧРЕДИТЕЛЬ — СО РАН

И.о. редактора Елена Трухина

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ  
«НВС» в НОВОСИБИРСКЕ!

Свежие номера газеты можно приобрести или получить по подписке в холле здания Президиума СО РАН с 9.00 до 18.00 в рабочие дни (Академгородок, пр. Ак. Лаврентьева, 17)

Адрес редакции: Россия, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 17. Тел./факс: 330-81-58.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов. При перепечатке материалов ссылка на «НВС» обязательна

Отпечатано в типографии ОАО «Советская Сибирь» 630048, г. Новосибирск, ул. Н. Данченко, 104. Подписано к печати 27.05.2015 г. Объем 2 п. л. Тираж 2500. Стоимость рекламы: 65 руб. за кв. см. Периодичность выхода газеты — раз в две недели

Рег. № 484 в Мининформпечати России

Подписной инд. 53012 в каталоге «Пресса России» Подписка 2015, 2-е полугодие, том 1, стр. 147

E-mail: presse@sbras.nsc.ru © «Наука в Сибири», 2015 г.