



Полторы сотни терафлопс ДЛЯ НАУКИ И УЧЕБЫ

Юлия Мартынова

Центр математического моделирования МАИ сегодня – это современная технологическая площадка, ведущая свою работу по трем направлениям: научно-исследовательская, образовательная деятельность и выполнение обязательств в рамках коммерческих контрактов в интересах крупнейших компаний, в том числе зарубежных.



В число заказчиков услуг Центра математического моделирования МАИ входят АО «Вертолеты России», ПАО «ОАК», АО «ОДК», ГК «Роскосмос», ГК «Ростех», АО «Технодинамика», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», СОМАС и другие. Также поддерживается сотрудничество с компаниями Siemens, Dassault, «Аскон», «Топ Системы», центрами сертификации ЦАГИ, ЦИАМ, ГосНИИ ГА, испытательными центрами, институтами РАН.

Основные направления научной работы центра – мультифизи-

ческое моделирование, цифровой двойник, междисциплинарная многофакторная оптимизация сложных технических систем, веб-платформа, искусственный интеллект, системы с нечеткой логикой и раскрытие неопределенности.

В 2020 году Центр математического моделирования существенно расширил свои возможности: в его распоряжении появился новый суперкомпьютер производительностью более 152 терафлопс (1 трлн операций в секунду). Ранее для нужд МАИ использовался кластер на 5 терафлопс, а также арендовались вычислительные

мощности АО «ЦСМ». Новая многопроцессорная система позволяет при нарастающих потребностях университета обеспечить оптимальный баланс между собственными и арендуемыми вычислительными ресурсами и минимизировать данную статью расходов.

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Сегодня производство авиационно-космической техники невозможно без применения технологий математического моделирования. Модельно-ориентированный подход к проекти-

рованию позволяет многократно сократить количество натурных испытаний, частично переведя их в цифровой формат, выявить и устранить потенциальные отказы разработок и эффективно управлять жизненным циклом изделия. Суперкомпьютер задействован в выполнении всех основных задач маевского Центра математического моделирования, которые связаны с проектированием, испытаниями, сертификацией и эксплуатацией авиационно-космической техники, созданием и внедрением прорывных технологий в этих областях, а также подготовкой высококвалифицированных кадров для авиационной и смежных отраслей.

В 2020 году Центр математического моделирования МАИ совместно с Центральным аэрогидродинамическим институтом имени профессора Н.Е. Жуковского (ЦАГИ) и другими партнерами стал участником научного центра мирового уровня «Сверхзвук», созданного в рамках национального проекта «Наука». Главная цель данного объединения – формирование базы фундаментальных знаний, необходимых для развития технологий сверхзвукового пассажирского самолета.

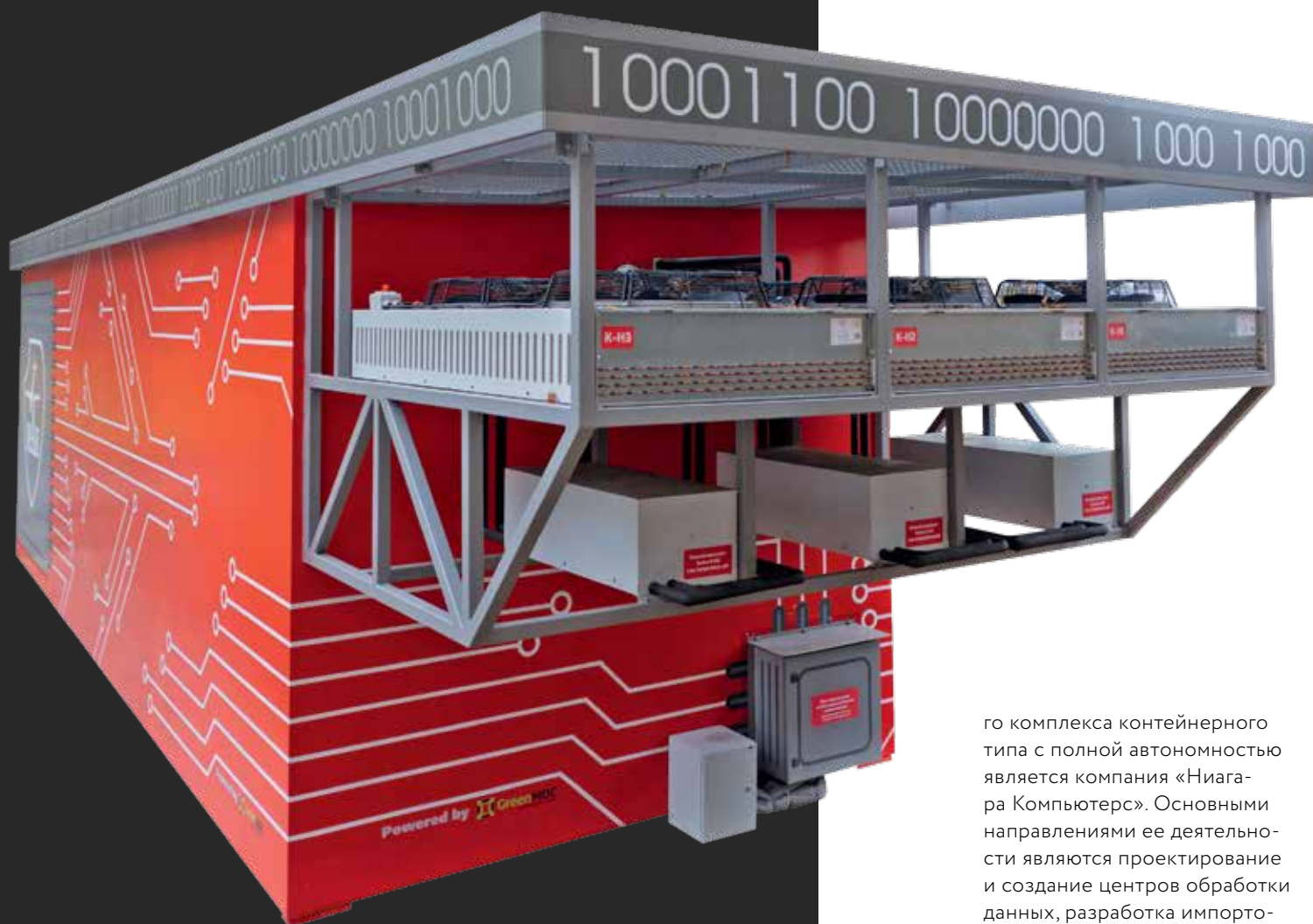
– Одним из наших приоритетов на сегодняшний день является решение задач в рамках данного проекта, в том числе с применением методов суперкомпьютерного моделирования, – рассказывает руководитель Центра математического моделирования МАИ Дмитрий Стрелец. – В этот перечень входят моделирование аэродинамических характеристик самолета, воздействия звукового удара, поведения конструкции планера, вредных выбросов и акустических нагрузок. Это новые задачи, для которых должны быть созданы новые модели, проведена их широкая верификация и валидация, и наши вычислительные мощности будут задействованы в этой научно-исследовательской работе.

В рамках коммерческой деятельности центра разви-

вается ряд проектов, связанных с сокращением объемов летных и наземных испытаний воздушных судов. Одно из важнейших направлений – создание широкофюзеляжного дальнемагистрального самолета CRJ929. Специалисты Центра математического моделирования задействованы в таких работах, как расчет статической и динамической прочности конструкции, моделирование аэроупругости, определение нагрузок, расчет шума и поведения самолетных систем.



*Производительность
нового суперкомпью-
тера – более
152 терафлопс*



– Если раньше для решения данных задач, как правило, использовались упрощенные модели, вводились ограничения, то суперкомпьютер позволяет расширить применение математического моделирования на практике, повысить достоверность решения и получать результаты в приемлемые с точки зрения проекта сроки, – подчеркивает Дмитрий Стрелец.

Помимо этого, суперкомпьютер является одним из инструментов обучения в новой магистратуре Московского авиационного института – «Технологии суперкомпьютерного

моделирования сложных технических систем». Магистратура открыта в 2020 году Центром матмоделирования совместно с ИТ-центром МАИ, институтом №8 «Информационные технологии и прикладная математика» и Институтом системного программирования РАН. Студенты смогут использовать мощности сверхпроизводительной машины на практических занятиях, во время работы над темами диссертаций и т.д.

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Разработчиком высокопроизводительного вычислительно-

го комплекса контейнерного типа с полной автономностью является компания «Ниагара Компьютерс». Основными направлениями ее деятельности являются проектирование и создание центров обработки данных, разработка импортозамещающих решений, высокопроизводительных вычислительных кластеров и систем хранения данных.

Новый суперкомпьютер располагается в модульном центре обработки данных (МЦОД) производства российской компании GreenMDC.

– МЦОД был изготовлен и протестирован на производстве в Санкт-Петербурге в течение 16 недель, после чего был доставлен в Москву на площадку МАИ, где его собрали и запустили в эксплуатацию, – объясняет директор по развитию бизнеса GreenMDC Михаил Шумай. – Благодаря слаженной работе компаний GreenMDC, «Ниагара Компьютерс» и команде из МАИ проект удалось

Суперкомпьютер является одним из инструментов обучения в новой магистратуре МАИ

реализовать в кратчайшие сроки, даже несмотря на ограничения, связанные с пандемией COVID-19.

Размер Центра обработки данных составляет $3,2 \times 12 \times 3$ м, он разделен на тамбур и машинный зал. Задачу отвода теплоизбытков выполняют три кондиционера, а стабильное электроснабжение обеспечивается за счет модульного источника бесперебойного питания (ИБП) Delta общей мощностью 120 кВт. Непрерывная работа оборудования, питающегося от ИБП, может поддерживаться в течение 10 минут.

Конструкция оборудована системами контроля доступа, видеонаблюдения и газового пожаротушения. Также предусмотрена система диспетчеризации, отслеживающая состояния всех инженерных систем МЦОД и оповещающая пользователей посредством рассылки писем и SMS.

– Это далеко не первый наш совместный проект с компанией GreenMDC, но однозначно наш первый суперкомпьютер в формате МЦОД, предназначенный для решения широкого спектра задач в авиационной промышленности с применением нейронных сетей и машинного обучения, – подчеркивает президент «Ниагара Компьютерс» Дмитрий Гаранов.

НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ

В ближайшие годы МАИ продолжит реализацию крупных проектов по российским и международным авиационным программам, для чего потребуются вычислительные мощности нового суперкомпьютера. План научных исследований включает в себя развитие работ по бессеточным методам, микромеханике,

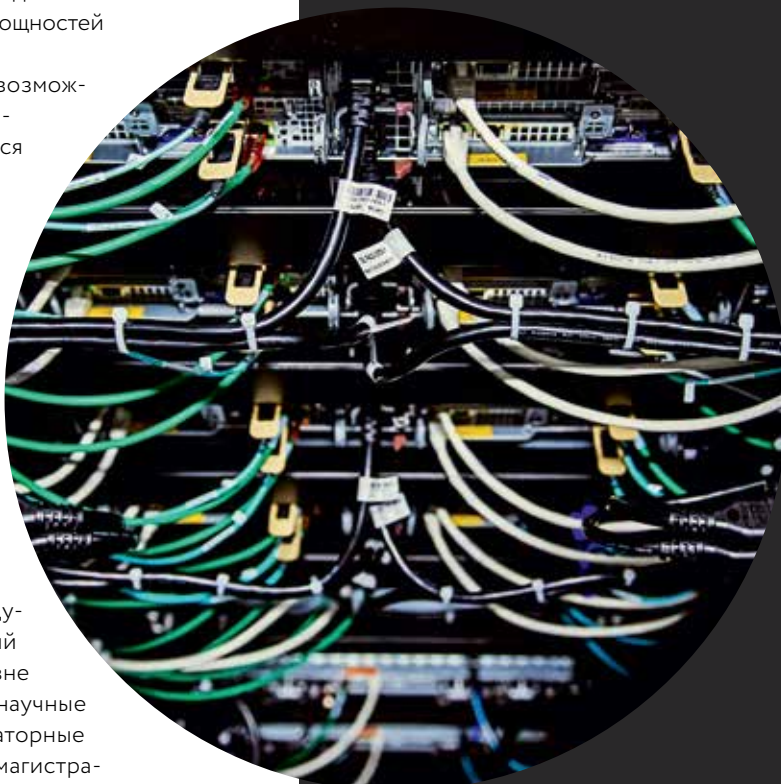
турбулентному горению, обледенению, а в будущем – по молекулярной и электродинамике, цифровым двойникам и связанному с ними мультифизическому моделированию.

– Мы существенно продвинулись в развитии собственных конкурентоспособных расчетных мощностей, – говорит директор дирекции перспективных научных программ МАИ Роман Клиновский. – При этом университет не останавливается на этом этапе, уже есть планы по дальнейшему увеличению мощностей оборудования.

До конца 2021 года возможности маевского суперкомпьютера планируется расширить за счет применения графических ускорителей. Мощность машины вырастет до 230–300 терафлопс, а ее загрузка достигнет уровня 80%, что является хорошим показателем. Это позволит Московскому авиационному институту реализовывать свои проекты и вести подготовку будущих лидеров инноваций на более высоком уровне (например, проводить научные исследования и лабораторные работы для студентов магистратуры по таким направлениям, как нейронные сети и искусственный интеллект).

туры по таким направлениям, как нейронные сети и искусственный интеллект).

– Собственный суперкомпьютер такой мощности открывает множество возможностей для наращивания научно-исследовательского потенциала МАИ в области математического моделирования и цифрового проектирования, – заключает Роман Клиновский. – В частности, он позволит решать такие сложные междисциплинарные задачи, как оптимизация летательных аппаратов, подробный расчет аэроакустики самолета, создание и разработка сверхзвукового пассажирского самолета. Установка такого оборудования в МАИ – маленький шаг для инновационного развития страны и огромный шаг для нашего университета.





Космическая СВЯЗАННОСТЬ

Елена Панасенко

Совет по приоритету научно-технологического развития «Связанность территории Российской Федерации» под председательством ректора МАИ академика РАН Михаила Аслановича Погосяна действует уже три года и за это время рассмотрел десятки заявок на разработку комплексных научно-технических программ полного инновационного цикла по своим направлениям.



Одной из таких программ стала комплексная научно-техническая программа «Глобальные информационные спутниковые системы» (КНТП ГИСС), сформированная АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева» совместно с Московским авиационным институтом и Сибирским отделением Российской академии наук. Предложение о разработке этой программы одобрено Координационным советом по приоритетным направлениям научно-технологического развития Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию.

О ПРОГРАММЕ, ЗАДАЧАХ И ЦЕЛЯХ

Дать стране новые прорывные технологии для создания перспективной космической техники, разработать и выпустить целый

спектр современных малых космических аппаратов для отечественных орбитальных группировок многофункциональных спутниковых систем и на их основе реализовать разнообразные комплексы коммерчески востребованных геоинформационных и инфокоммуникационных услуг и сервисов – такова основная цель КНТП.

Что могут спутники и их группировки? На самом деле очень многое: обеспечивать персональную связь и широкополосный доступ к сетям общего пользования, телевизионное и радиовещание, поставлять данные для систем мониторинга (от газо- и нефтепроводов до природных ресурсов), выполнять задачи навигации, контролировать наземные, воздушные и морские объекты, управлять транспортной инфраструктурой или беспилотниками, участвовать в геологоразведке полезных ископаемых и в создании высокоточных карт.

Дать стране новые прорывные технологии для создания перспективной космической техники – такова основная цель КНТП



Большая часть таких услуг и сервисов принципиально новые для мирового рынка, и это далеко не полный их список. Задействовав вместе со спутниками инструменты воздушных, наземных и морских инфокоммуникаций, можно еще больше расширить сферу применения подобных систем.

– Логика построения КНТП – это логика создания продуктов, удовлетворяющих потребностям общества, – отмечает генеральный директор АО «ИСС» Николай Тестодов. – Для создания космических услуг необходимы космические системы, а для них, в свою очередь, новые или модернизируемые технологии.

Конкурентоспособность национальной интегрированной спутниковой системы в век высоких технологий во многом определяет место и возможности России на международном рынке. Другой эффект от реализации КНТП ГИСС будет внутренним: это обеспечение информационной связанности страны.



ФОТО: ЕВГЕНИЙ КУРСОВ/ГИСС

ставление с помощью спутников персональных мобильных пакетных услуг: телевидения, видеосвязи, навигации, космического мониторинга и других. За десять лет тренды развития космических услуг сменились. Сегодня на первый план вышли комплексные космические сервисы, и предложение здесь будут формировать наряду с предприятиями – производителями космической техники (АО «ИСС», АО «НПО им. С.А. Лавочкина») операторы услуг связи: АО «СС «Гонец», АО «Газпром космические системы», ФГУП «Космическая связь», АО «Зонд-Холдинг».

ПРОЕКТЫ И ПРОДУКТЫ КНТП. РОЛЬ МАИ

В рамках КНТП ГИСС планируется разработать ряд принципиально новых для российского и мирового рынка комплексных космических услуг и инфокоммуникационных сервисов на основе интегрирования информационных данных (Integrated BigData), получаемых с различных инструментов: космического, воздушного, наземного и морского базирования.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА НИСС И ИСС ИМ. РЕШЕТНЕВА

Новая комплексная программа опирается на фундамент, который уже более десяти лет объединяет целый ряд промышленных предприятий, университетов и научных организаций, – это трансоотраслевая технологическая платформа «Национальная информационная спутниковая система» (НИСС), созданная в 2010 году при участии АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева» (АО «ИСС»). КНТП ГИСС стала логичным продолжением деятельности технологической платформы, которая координирует совместную работу более 100 компаний-участников по созданию единой информационной спутниковой системы.

Главный координатор платформы – АО «ИСС» – одно из ведущих предприятий российской космической отрасли и головное пред-

приятие по НИОКР и изготовлению автоматических космических аппаратов, космических комплексов и систем связи, телекоммуникации, ретрансляции, геодезии и навигации, в том числе спутников системы ГЛОНАСС. Компания уже участвовала в реализации более чем 30 космических программ в областях связи, ретрансляции телевидения, навигации, геодезии и научных исследований. АО «ИСС» было спроектировано, изготовлено и запущено порядка 50 различных типов космических аппаратов, предназначенных для использования на низкой круговой, круговой, высокоэллиптической и геостационарной орбитах. А за всю историю предприятия создано более 1200 космических аппаратов: на сегодняшний день это более 70% отечественной гражданской группировки космических аппаратов и 90% военной.

Целью, заложенной при образовании технологической платформы НИСС, было предо-

Для создания космических услуг необходимы космические системы, а для тех, в свою очередь, новые технологии



– По каждой из услуг необходимо сформировать технические требования к космическим спутниковым системам, – делится заместитель начальника управления инноваций, стратегии и коммуникаций МАИ Василий Сеннин. – В первую очередь к их полезной нагрузке, то есть к оснащению и функциям, которые сделают всю систему конкурентоспособной на глобальном рынке и интересной потребителям. Следует проанализировать уровень готовности технологий, наличие существующих разработок и готовых к серийному производству опытных образцов или потребность в новых, начиная с проведения фундаментальных исследований.

Одной из ключевых задач МАИ в рамках проекта является разработка подходов и технических решений для оказания комплексной информационной услуги проводки судов по Северному морскому пути.

– Оказываемая услуга позволит обеспечить потребности развивающегося Северного морского пути по проводке судов, предоставляя единый отечественный информационный портал потребителям (судовым, добывающим, транспортным компаниям, государственным структурам и т.п.) на основе совместно обработанной информации с различных информационных источников, – говорит руководитель проектов дирекции космических систем МАИ Анна Яковлева. – Средствами для оказания услуги будут являться новые системные решения: космическая система на базе группировки малых космических аппаратов с радиолокацией и программно-аппаратный комплекс информационного обеспечения проводки судов по Северному морскому пути.

В числе долгосрочных глобальных трендов в области ИСС – развитие многоспутниковых низкоорбитальных систем



➤ Запуск РН «Протон-М» с тремя спутниками «Глонасс-М» на Байконуре

В числе долгосрочных глобальных трендов в области информационных спутниковых систем на рынке космических услуг – развитие многоспутниковых низкоорбитальных систем, расширение частотного диапазона для передачи больших объемов данных, увеличение числа каналов спутниковой связи на одном космическом аппарате. В связи с этим возникают научно-технические и технологические вызовы, на которые отвечает КНТП ГИСС: повышение чувствительности приемных устройств, создание высокоэнергетических платформ на основе крупногабаритных солнечных батарей и антенн, высокопроизводительных систем терморегулирования на новых принципах, ограничения на массу и габариты спутников при выведении на орбиту и т.д. Ответы на эти вызовы заложены в КНТП ГИСС.

Для создания и оперативного восполнения многоспутни-



Монтаж кабельной сети солнечных батарей в цехе изготовления крупногабаритных трансформируемых конструкций и антенно-фидерных устройств

Сборка космического аппарата «Гло-насс-М» в цехе окончательной сборки

ковых группировок потребуются новые конвейерные цифровые технологии производства спутников, которые сделают такое производство недорогим и массовым. Важно также сокращение длительных сроков проектирования спутников, изготовления и испытаний – использование технологии цифровых двойников на производстве.

– МАИ претендует на разработку непосредственно самого МКА и части полезной нагрузки, в частности космического радара, в чем в первую очередь заинтересовано АО «ИСС». Малонаселенные и труднодоступные территории находятся в Арктической зоне России и часто недоступны для оптической съемки из-за облачности или полярной ночи, а радиолокация позволит вне зависимости от погодных условий вести дистанционный мониторинг. МАИ обладает необходимыми компетенциями и готов разработать радиолокационный космический спутник для платформ малого класса, – поясняет начальник студенческого

конструкторского бюро «Искра» МАИ Сергей Фирсюк.

К выполнению разработок в рамках КНТП ГИСС планируется привлечь десятки научных организаций и вузов. Перспективной для МАИ является образовательная задача.

– Реализация комплексной программы будет осуществляться в матричной модели, где участниками взаимодействия станут промышленные партнеры, фундаментальная наука – институты Российской академии наук, и профильные вузы, – отмечает Василий Сенин. – Мы готовимся войти в новый сегмент мирового рынка, который только формируется. Спутниковые информационные системы и услуги потребуют обработки возрастающего объема информации: космических снимков, данных ДЗЗ и т.п. В связи с этим крайне востребованы будут аналитики и другие IT-специалисты. МАИ как базовый вуз аэрокосмической отрасли обладает самыми современными компетенциями по применению гейтовой системы в управлении проектами и всеми необходимыми возможностями для подготовки кадров, вооруженных специализированными знаниями в той области, которую охватывает КНТП.

