



# Вызов ДИЗЕЛЮ

Марк Полов

*В МАИ создается центр электротехнологий.*



**М**

ожет ли электричество заменить керосин в авиации, а по морю двигать сухогрузы и подводные лодки? Вполне. В этом году в МАИ создается центр электрических технологий, специалисты которого будут не только заниматься исследованиями в интересах крупных промышленных компаний, но и думать о том, какие технологии будут применять на практике сегодняшние абитуриенты МАИ через 10–15 лет.

## **3.0 В ПОЛЬЗУ УНИВЕРСИТЕТА**

Одна из приоритетных задач МАИ – формирование университета 3.0. Это значит, что наряду с подготовкой специалистов университет будет активно проводить исследования в интересах бизнеса и крупных аэрокосмических корпораций. А необходимые в будущей работе знания и навыки студенты смогут получать прямо в вузе при реализации конкретных проектов в интересах компаний-работодателей.

## МНЕНИЕ



**Константин Ковалев,**  
заведующий кафедрой 310

*Одна из ключевых целей центра электротехнологий – объединение имеющихся знаний и идей в области электротехники, электроники и систем управления. В МАИ уже есть отличный пример интеграции специалистов разных подразделений университета для выполнения проектов для крупных компаний. Некоторое время назад, например, мы в интересах госкорпорации «Росатом» выполняли работы по разработке кинетического накопителя энергии с бесконтактным подвесом на сверхпроводниках, а также сверхпроводниковых генераторов и двигателей. Тогда проектами занимались ученые и инженеры трех кафедр: 310, 702 и 204-й. Мы будем заниматься проектированием систем электроснабжения различных объектов, производством опытных образцов и испытаниями образцов готовых изделий в интересах крупных компаний. Уже есть предварительные договоренности о сотрудничестве с компаниями «Технодинамика», «Кронштадт», «ЛитЭКО» и другими. Не забываем и про перспективные исследования. Около 80% работ будут выполняться по заказам внешних клиентов, 20% – опережающие НИРы.*

В МАИ начинается реализация программы создания центров компетенций. Каждый из центров объединит работу отдельных подразделений университета над исследованиями в интересах компаний и корпораций по тематикам различных профильных кафедр и научных коллективов.

Через несколько лет большинство исследований по самым разным темам будут консолидированы в работе подобных центров. Уже начато формирование центра электротехнологий, основу которого составят ученые 101, 310, 702, 204-й и других кафедр. Большую часть совместных исследований планируется проводить в интересах

крупных корпораций. Но, по словам заведующего кафедрой 310 Константина Ковалева, немалую долю времени ученые готовы посвятить перспективным исследованиям и разработкам «на задел».

### АТОМНЫЙ КУЛАК

Пока новый центр электротехнологий делает первые шаги, в МАИ уже накоплен опыт по реализации совместных проектов для крупных корпораций. Недавно ученые нескольких кафедр – 310, 702, 204-й и других – выполнили проект по созданию серии сверхпроводниковых устройств для энергетики и транспорта.

В достаточно сжатые сроки ученые МАИ создали опытные

*В МАИ начаты работы, направленные на создание сверхпроводниковых электрических машин и устройств для морской техники*



образцы изделий для госкорпорации «Росатом». По уровню готовности технологий (technology readiness level – TRL) разработки оцениваются между четвертым и пятым уровнем. Перед их запуском в серию необходимо провести ряд финальных испытаний.

### **СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ НА МОРСКИХ СУДАХ**

Сегодня крупные надводные корабли и подводные лодки по-

лучают энергию для движения от дизельных или атомных бортовых электростанций. В МАИ начаты работы, направленные на создание сверхпроводниковых электрических машин и устройств для электродвижения морских судов.

«Сегодня по пальцам можно пересчитать успешные примеры коммерческого применения сверхпроводниковых технологий: МРТ, создание специальных магнитов для научных иссле-

☛ Николай Иванов, доцент, старший научный сотрудник кафедры 310



дований и кабели», – говорит доцент кафедры 310, старший научный сотрудник Николай Иванов. Между тем, во многих отраслях промышленности, энергетики и транспорта существует огромный потенциал для внедрения разработок криогенных и сверхпроводниковых технологий. Тем более что на кафедре 310 имеется значительный опыт создания сверхпроводниковых электрических машин и устройств. Основы данной технологии были заложены основателем кафедры А. И. Бертиновым и продолжены Д. А. Бутом, Л. К. Ковалевым и другими.

Сверхпроводниковые устройства позволяют выйти на новый уровень производства судовой техники, который уже заклады-



Ирина Кобзева, молодой специалист в области сверхпроводниковых машин

морских судов изготавливается по безредукторным схемам. В этом случае силовая установка и судовая электроэнергетическая система имеют общие узлы. Гребные электродвигатели, генераторы и двигатели подруливающих устройств судов имеют большие мощности, а потому логично применение в них сверхпроводниковых материалов, особенно в безредукторных схемах. Наибольшего же эффекта можно достичь при использовании сверхпроводниковых систем, включающих в себя генераторы и их системы возбуждения, гребные двигатели и двигатели подруливающих устройств, а также кабельную линию. «Это позволит увеличить эффективность использования сверхпроводниковых устройств, поскольку может быть создан единый контур охлаждения, в котором будет поддерживаться необходимая температура, – уверен Николай Иванов. – А это, в свою очередь, означает снижение внешних теплопритоков в систему и уменьшение мощности охлаждающей установки. В результате повышается экономическая привлекательность использования сверхпроводниковых устройств на борту корабля».

#### РЕВОЛЮЦИЯ В СУДОСТРОЕНИИ

Так в чем же преимущество сверхпроводниковых двигателей

вается в перспективных государственных программах РФ. Согласно госпрограмме Российской Федерации «Развитие судостроения в 2013–2030 годах» должно произойти существенное увеличение выпуска судов – более чем в пять раз. Для реализации этих планов необходимо

учитывать тенденции развития мирового судостроения.

Известно, что силовая установка состоит из паропроизводящих устройств, главных двигателей, редукторов, валопроводов, движителей и вспомогательных механизмов и устройств. В то же время все большее количество движителей



*Сверхпроводниковые устройства позволяют выйти на новый уровень производства судовой техники*



↑ Константин Ковалев, заведующий кафедрой 310

*При мощности силовой установки 30 МВт увеличение КПД на 1% приведет к экономии 300 кВт*

и генераторов именно для судовых систем? Прежде всего это возможность уменьшить габариты электродвигателя. Например, в составе движительного комплекса судна могут быть использованы движительно-рулевые колонки с приводом винтов от электрического двигателя. При этом двигатель будет располагаться в отдельной гондоле, оттуда соединяясь с движителем. Применение высокотемпературных сверхпроводников даст возможность уменьшить площадь миделя и длину гондолы движительно-рулевой колонки, а также отказаться от применения редуктора. Результат очевиден – уменьшение лобового и поверхностного гидродинамического сопротивления и турбулентности плюс повышение тяги и эффективности гребного винта. К тому же прямой привод позволит обеспечить малую шумность хода судна, увеличив при этом надежность

*Одна из ключевых целей центра – объединение имеющихся знаний и идей в области электротехники, электроники и систем управления*



системы. Кроме того, высокотемпературные сверхпроводниковые машины обладают высоким КПД, что очень важно с точки зрения энергоэффективности судов. Так, при мощности силовой установки 30 МВт, увеличение КПД на 1% приведет к экономии 300 кВт мощности!

В кооперации с партнерами на 310-й кафедре МАИ было выполнено несколько проектов по созданию высокотемпературных сверхпроводниковых электрических машин для морской техники. В частности, разработан первый в России генератор с осевым возбуждением мощностью 1 МВт с обмоткой возбуждения на основе высокотемпературных сверхпроводниковых лент. Особенностью такого генератора стало комбинирование электромагнитного возбуждения и возбуждения от постоянных магнитов, что существенно увеличило надежность генератора.

«Используя опыт проектирования высокотемпературных сверхпроводниковых электрических машин, мы выполнили оценочные расчеты электродвигателя мощностью 6 МВт для привода гребных винтов, – рассказывает Николай Иванов. – Обмотка возбуждения

в нем выполнена из высокотемпературных сверхпроводников, а обмотка статора – медная». Однако только использование сверхпроводниковой обмотки на статоре и роторе машины даст возможность выйти действительно на новый уровень производства электрических машин. Для полностью высокотемпературных сверхпроводниковых машин маевцы разработали аналитические методики расчета их основных параметров. На этой основе с использованием современных программных продуктов была выполнена предварительная оптимизация размеров машины. Суммируя полученные результаты, была выполнена серия расчетов, позволившая достичь увеличения удельной мощности до 20 кВт/кг по активной зоне при азотной температуре. Таким образом была обоснована целесообразность перехода на полностью высокотемпературные сверхпроводниковые электрические машины. «Сегодня мы уже работаем над созданием прототипов таких машин», – говорит Николай Иванов.

Следует отметить, что результатом переговоров с представителями Федерального

## УКРОТИТЕЛИ ТОКОВ

*С очень модной ныне темой более электрического самолета ученые больших корпораций связывают амбициозные планы.*

*Современный гражданский лайнер потребляет около 1 МВт электричества (столько энергии достаточно, чтобы, например, запитать небольшой микрорайон). Концепция так называемого более электрического самолета подразумевает, что потребление «бортом» электричества будет расти кратно.*

*«В ближайший год-два самолеты переведут на «электрическое колесо», чуть позже электроприводы заменят гидро- и пневмоприводы, – говорит директор научно-технического центра ОАК Владимир Каргопольцев. – Даже привод турбовентиляторных двигателей может стать электрическим. Все это приведет минимум к трехкратному увеличению потребляемой электрической мощности».*

*В МАИ об этих планах хорошо знают и уже готовятся расширять «узкие» места. «Сегодня электрическая мощность на борту самолетов находится на пределе. И для ее увеличения и создания новых самолетов необходимо изменить сам взгляд на системы электроснабжения и отойти от принятых стандартов», – говорит старший научный сотрудник кафедры 310 Николай Иванов.*

агентства морского и речного транспорта РФ стало подписание протоколов, показывающих заинтересованность в разработках 310-й кафедры. Сегодня ученые работают над целым направлением исследований: это и подбор новых композиций, и разработка систем криообеспечения, и способы герметизации. Создание полностью сверхпроводниковых машин большой мощности может привести к настоящей революции в судостроении и авиационно-космической технике.



# Материализация ИНЖЕНЕРНЫХ ИДЕЙ

Дарья Стрункина

*Цифровое математическое моделирование всех систем и агрегатов техники частично заменило объемные и дорогостоящие натурные испытания. Аддитивные технологии сделали возможным «выращивание» и печать сложных, устойчивых к высоким температурам конструкций, деталей и даже систем летательных аппаратов. Переход к цифре дал свои плоды в виде значительного упрощения, удешевления и оперативности производственных процессов. Ученые и инженеры Московского авиационного института оценили преимущества таких технологий и стали использовать их в промышленных разработках.*



## ВЫГОДНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА

Объединить в команды талантливых специалистов-маевцев для работы над совместными с предприятиями проектами ректор МАИ Михаил Погосян решил еще в статусе заведующего кафедрой 101 «Проектирование и сертификация авиационной техники» за несколько лет до своего назначения на пост руководителя вуза. Так в рамках кафедры 101 и появилась лаборатория № 5 «Комплексирование бортовых систем», главной задачей которой является полномасштабная проработка инженерного проекта и подготовка к серийному выпуску готового изделия или агрегата для летательных аппаратов в интересах заказчика. Сейчас здесь работает 35 человек. Руководитель – Денис Смагин – в 2010 году окончил кафедру 103 «Системы оборудования летательных аппаратов» МАИ, затем несколько лет работал ассистентом и старшим преподавателем кафедры, участвовал в выполнении различных научно-исследовательских работ.

– Лаборатория разрабатывает технологические решения для бортовых систем перспективных самолетов, их компоновку, отдельные агрегаты, архитектуру, – отмечает Денис Смагин. – Кроме того, мы оцениваем инженерные решения с позиции технической и экономической эффективности.

Лаборатория задействована в выполнении проектов, которые на слуху даже у человека, далекого от авиастроения. Например, это работы над самолетами SSJ-100, MC-21, российско-китайским проектом широкофюзеляжного дальнемагистрального самолета. Коллектив МАИ занимается созданием цифровых «двойников» систем воздушных судов при помощи математического моделирования. Использование электронной модели, или «двойника», позволяет сократить объем натурных испытаний всей системы.

Подобная технология, по словам руководителя лаборатории, активно внедряется на крупных промышленных предприятиях, и МАИ выполняет для них ряд

заказов на создание математических моделей, полностью имитирующих работу реальных систем.

– Процессы испытаний систем самолета можно симитировать в программе с хорошей графикой и точной физикой. То есть поставить своего рода цифровой эксперимент, не прибегая к реальным испытаниям «железа», – поясняет Денис. – Это удобнее и дешевле. Можно на уровне схем просчитать всю систему в каждой ее точке, узнать любой интересующий нас параметр. Давление, температуру, нагрузки и другие показатели программа продемонстрирует как в статике, так и в динамике.

В качестве примера Денис Смагин привел недавно созданную в рамках работы лаборатории над системами самолета MC-21 динамическую модель функционирования системы кондиционирования воздуха.

– Система кондиционирования воздуха берет сжатый воздух от компрессора двигателя, поэтому важно было посмотреть, как

35

человек работают сейчас в лаборатории №5

система работает на разных профилях полета, – отмечает Денис Смагин. – В том числе и при отказных ситуациях. Такая математическая модель позволяет получить полный набор необходимых данных, ведь она имитирует работу системы во всем диапазоне высот и скоростей полета.

По этой же тематике, но уже с добавлением гидро- и электро- систем в работе у маевцев созда-

ние «двойника» для перспективного самолета ПАО «Туполев». Полное название проекта Денис Смагин пока не раскрывает. По его словам, оценка работы систем будет дана комплексно, и в дальнейшем результаты исследований планируется интегрировать в испытательные стенды, так называемые «железные» и «электронные» птицы.

– Принцип работы стенда «железная птица» – создание полнатурного макета систем с имитацией недостающих при помощи математического моделирования, – поясняет Денис Смагин. – Виртуальная же птица – это полная имитация работы систем за счет средств матмоделирования.

◀ Процессы испытаний систем самолета можно симитировать в программе

## Коллектив МАИ занимается созданием цифровых «двойников» систем воздушных судов





*В «цифре»  
можно увидеть  
и поведение самолета  
при полном отказе  
системы*

Кстати, по словам разработчиков, в «цифре» можно увидеть и поведение самолета при полном отказе системы.

## «ЖЕЛЕЗНАЯ» ИДЕЯ

Роман Савельев работает в лаборатории с момента ее основания. Как и Денис Смагин, он окончил факультет «Авиационная техника» по специализации кафедры 103 «Системы оборудования летательных аппаратов». До прихода в лабораторию МАИ Роман несколько лет был инженером в ОКБ Сухого. Сейчас он занимает позицию заместителя начальника лаборатории. Он увлеченно рассказывает о том, как строится процесс работы с проектами в подразделении.

– Перед тем как попасть к заказчику, они «проживают» весь жизненный цикл, – поясняет Роман. – В эту цепочку входят научные исследования, проработка концепции, создание конструкторской документации для производства и изготовления изделия,

проведение цикла экспериментов и испытаний.

Конечный результат – идея, воплощенная в «железе», с подробной документацией и «биографией» изготовления. Отметим, что работа над технологическим проектом длится около трех лет. За это время он претерпевает массу изменений.



☛ Заместитель начальника  
лаборатории №5 Роман Савельев

## Конечный результат – идея, воплощенная в «железе», с подробной документацией и «биографией» изготовления

– Это ведь живой процесс, – считает Роман. – К нему прикладывают руку разные люди: ученые, конструкторы, технологи. Такая кооперация дает весомые результаты, ведь изделие или система дорабатывается, оптимизируется. В процессе работы часто приходят решения, как при сохранении заданных параметров упростить и удешевить конструкцию или улучшить ее характеристики.

По такому принципу МАИ сотрудничает с холдингом «Технодинамика». В тесной кооперации разрабатывается аварийстойкая топливная система для вертолетов Ка-226Т, а также широкая номенклатура компонентов топливной системы. Разработка включает в себя как проектные работы, так и производство и испытания, которые выполняются силами МАИ с привлечением промышленных партнеров.

– Повреждение бака вертолета при аварийной посадке может стать причиной катастрофической ситуации из-за разлива топлива, – отмечает Роман. – Поэтому одна из самых актуальных задач – разработать авариестойкую топливную систему, конструкция элементов которой позволит исключить такой риск.

Внедрение системы на вертолет сопряжено с определенными сложностями из-за специальной конструкции баков и соединений трубопроводов. Ведь при разрыве трубопровод должен мгновенно самогерметизироваться. Однако сотрудники лаборатории утверждают, что вместе с коллегами из «Технодинамики» нашли технологические решения, полностью удовлетворяющие заданным требованиям. Их эффективность сейчас подтверждается расчетами и экспериментом.

– Все решения, которые мы разрабатываем как на уровне агрегатов, так и на уровне систем, в обязательном порядке апробируются, – отмечают сотрудники лаборатории.

### ВО БЛАГО ЭНЕРГИИ

Несмотря на высокую загруженность по текущим контрактам, лабораторию №5 МАИ в скором времени ждет еще один. Он будет подписан с новосибирским производственным кластером полного цикла «Лиотех». Компания занимается созданием литийионных источников тока. Часть разработок по внедрению накопителей энергии такого типа в авиацию команда «Лиотеха» планирует реализовать в тесной кооперации с МАИ.

– Применение литийионных батарей в авиации – направление инновационное, – считает Роман Савельев. – Однако оно требует изучения, ведь помимо неоспоримых преимуществ установки таких батарей на самолеты есть

*В будущем перспективную лабораторию ждет много проектов, которым позавидует любой научно-исследовательский коллектив. Это ряд работ с ПАО «Туполев» по математическому моделированию бортовых систем, продолжение сотрудничества с «Технодинамикой», а также участие в качестве экспертов в цикле программ дополнительного профессионального образования для инженеров и сотрудников китайской корпорации COMAC.*

и определенные риски. Главная задача – поработать над конструкцией и характеристиками, для того чтобы внедрить такие батареи на самолет.

МАИ всячески способствует приближению эры литийионных аккумуляторов для авиации. На Международной молодежной конференции «Гагаринские чтения» сотрудники лаборатории №5, студенты-целевики Алексей Притулкин и Татьяна Маковская презентовали проект разработки литийионной батареи для военных самолетов.

☑ Сотрудник лаборатории №5 Константин Непреенко

– Уже создается лабораторный образец, на котором отработывается концепция всей батареи, – отмечает магистрант факультета «Авиационная техника» МАИ Алексей Притулкин. – В авиационной отрасли существует ряд жестких требований, которым необходимо соответствовать. С этой целью помимо теоретических исследований необходимо разработать несколько вариантов лабораторных образцов батарей, для того чтобы найти оптимальное сочетание весовых и энергетических характеристик.

По расчетам, разрабатываемый литийионный источник энергии будет дешевле иностранных аналогов.

– Если мы создадим и сдадим в эксплуатацию бортовую батарею для военной авиации, то потом можно будет подумать и о гражданских воздушных судах, таких как Sukhoi SuperJet 100 и MC-21, – отмечает Алексей Притулкин.

