

УДК 007:519.816

## Кафедра ЭКАО: 75 лет по пути устойчивого развития

С. А. Грузков, С. И. Маслов, М. Ю. Румянцев\*

Работа посвящена истории основания, становления и развития одного из ведущих структурных подразделений НИУ «МЭИ» — кафедры Электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта, первой среди гражданских вузов страны, начавшей подготовку специалистов по авиационному и автотракторному электрооборудованию. Представлена развернутая информация о педагогическом коллективе кафедры, преподаваемых в разное время учебных дисциплинах, учебно-лабораторной базе. Особое внимание уделено научной деятельности коллектива кафедры на разных этапах ее развития: изложены основные направления деятельности научных групп в областях разработки и исследования электромеханических и электронных преобразователей специального и общепромышленного назначения, вторичных источников питания, электроэнергетики космических аппаратов, высокоскоростных электротурбомашин. Отражены вопросы, посвященные современным проблемам деятельности кафедры, состоянию аудиторной, учебно-лабораторной и научно-исследовательской баз, итогам ее деятельности в рамках выполнения программы развития НИУ «МЭИ».

### Краткая историческая справка

Бурное развитие в начале 1930-х гг. XX в. автотракторостроения, бронетанковой и авиационной техники и необходимость ее оснащения приборным, радиотехническим, навигационным, светотехническим и другим оборудованием остро поставили вопрос о подготовке инженерных кадров, обеспечивающих разработку, производство и надежную эксплуатацию создаваемых механизмов.

В начале 1930-х гг. секция автотракторного электрооборудования Научно-технического совета ВЭИ, председателем которой в 1930 — 1932 гг. был А.Н. Ларионов, выдвинула предложение об организации в МЭИ группы для обучения «без отрыва от производства» узкой специальности «Авиационное и автотракторное электрооборудование» (ААТЭ). Московский энергетический институт стал первым гражданским высшим учебным заведением СССР, которому руководство страны доверило подготовку инженерно-электромехаников по данной специальности.

В 1931 г. в МЭИ были созданы вечерние группы студентов специальности ААТЭ. В них занимались в основном техники и заводские работники. До 1932 г. специальность ААТЭ находилась в составе кафедры специальных электрических машин, затем — электрических машин, а с 1935 г. — на кафедре электрооборудования промышленных предприятий, где и просуществовала до 1941 г.

Первый большой выпуск инженерно-электромехаников по специальности ААТЭ состоялся в 1935 г. За шесть последующих лет было выпущено 126 инженеров. В июле 1941 г. в связи с возросшей потребностью в инженерных кадрах по авиационному и автотракторному электрооборудованию на четвертом курсе электромеханического факультета (ЭМФ) МЭИ была организована первая на дневном отделении группа по специальности ААТЭ из числа студентов других специальностей.

В связи с приближением немецко-фашистских войск к Москве правительством СССР было принято решение об эвакуации предприятий и учреждений на Восток. Местом дислокации МЭИ стал город Ленингорск, где в декабре 1941 г. была организована кафедра авиационного и автотракторного электрооборудования, которую возглавил профессор А.Н. Ларионов.

\* Rumyantsev.m@gmail.com

Кроме него в состав новообразованной кафедры вошли доцент А.С. Кантер и инженер В.Л. Фикс.

В феврале 1942 г. в Московском филиале МЭИ профессором кафедры электрических машин и бывшим деканом ЭМФ Б.П. Апаровым была организована параллельная кафедра ААТЭ. В ее составе на тот момент кроме Б.П. Апарова работала старший лаборант Г.И. Романова. В августе 1942 г. в Москву вернулась группа набора 1937 г. (в ней учились ставшие впоследствии ведущими преподавателями кафедры В.А. Балагуров и Ф.Ф. Галтеев), которая приступила к преддипломной практике, а затем и к дипломному проектированию.

В начале декабря 1942 г. Государственный Комитет Обороны СССР принял решение о эвакуации института. В 1943 г. после возвращения из эвакуации ленинградская и московская кафедры были объединены, при этом руководителем кафедры ААТЭ был назначен Б.П. Апаров, возглавлявший ее до своей кончины в 1950 г. В дальнейшем в разное время научно-педагогическим коллективом кафедры руководили крупные ученые, внесшие значительный вклад в развитие кафедры и авиационной электротехники: чл. корр. АН СССР проф. А.Н. Ларионов (1950 — 1963 гг.), доц. Ф.Ф. Галтеев (исполнял обязанности зав. кафедрой с 1963 по 1964 гг.), проф. Н.Т. Коробан (1964 — 1979 гг.), заслуженный деятель науки и техники РФ проф. И.Н. Орлов (1979 — 1995 гг.), лауреат премии Президента РФ в области образования проф. С.И. Маслов (1995 — 2013 гг.). С 2013 г. и по настоящее время кафедрой возглавляет к.т.н., с.н.с. М.Ю. Румянцев.

### Становление и развитие педагогического коллектива кафедры

В 1943 г., когда состоялся первый на дневном отделении выпуск инженеров по специальности ААТЭ, в профессорско-преподавательский состав кафедры входили три профессора (Б. П. Апаров, А.С. Кантер, А.Н. Ларионов) и ст. лаборант Г.И. Романова. Через год к ним присоединились совместители-аспиранты Н.Т. Коробан, И.И. Шустер, В.А. Балагуров, Н.З. Мастяев, А.В. Гордон, а в 1948 г. — Ф.Ф. Галтеев. В дальнейшем преподавательский состав пополнился И.Н. Орловым, В.Г. Морозовым, А.П. Селезневим.



До 1954 г. специальность и кафедра назывались «Авиационное и автотракторное электрооборудование». В сентябре 1954 г. вышло постановление ЦК КПСС и Совета министров СССР об укрупнении специальностей высшей школы и на базе трех специальностей «Электрические машины», «Электрические аппараты» и «ААТЭ» была образована одна специальность — «Электрические машины и аппараты» с соответствующими тремя специализациями, которая просуществовала всего один год. По ходатайству министерства авиационной промышленности из укрупненной специальности была выделена новая специальность «Авиационное электрооборудование» и в МЭИ разрешили подготовку специалистов со специализацией «Электрооборудование самолетов и автомобилей» (ЭСА). Такое же название получила и кафедра.

В 1962 г. вышло постановление Правительства СССР о расширении подготовки специалистов для ряда оборонных министерств. В его рамках была создана новая специальность «Электрооборудование летательных аппаратов» (ЭЛА). Кафедре ЭСА была поручена подготовка и по этой специальности, которая со временем получила две специализации — «Авиационное электрооборудование» и «Автотракторное электрооборудование». В этот период резко возрос объем подготовки специалистов на кафедре. Так, если на дневном отделении с 1945 по 1958 гг. кафедрой выпускалось всего по одной группе, в 1959 — 1961 гг. — по две, то с образованием новой специальности стали принимать на дневное отделение четыре группы по специальности ЭЛА и одну группу по специальности ААТЭ. При этом подготовка инженеров по данным специальностям проводилась и на вечернем отделении факультета. В эти же годы кафедра выпустила три группы студентов-вечерников, занимающихся по ускоренной программе и переведенных на дневное отделение с сохранением зарплаты. Кроме того, преподаватели кафедры читали курсы лекций по электрооборудованию летательных аппаратов и на ряде специальностей других факультетов.

Увеличение приема студентов в 1960-х гг. привело к соответствующему увеличению преподавательского состава, в который были приняты И.М. Беседин, В.Г. Еременко, А.М. Сугробов, М. Ю. Васильев, П.А. Тыричев, Н.Н. Мелихов, В.А. Морозов, Л.Л. Таланов, В.С. Ширинский. Организация в 1962 г. Проблемной лаборатории постоянных магнитов и рост объема выполняемых научных исследований в 1960 — 1970 гг. увеличили численность научного штата кафедры, который в отдельные годы доходил до 120 человек (при численности штата преподавателей в 12 — 14 человек: в то время преподавательский состав кафедры пополнился С.И. Масловым, В.И. Нагайцевым, А.Б. Токаревым, С.А. Грузковым.).

Длительное время состав преподавателей кафедры оставался относительно стабильным. В разное время на преподавательскую работу на кафедре приглашались сотрудники НИЧ: Г.М. Веденев, Г.Н. Семенов, В.А. Трегубов, В.Н. Тарасов, Ю.Г. Марков,



Ю.В. Арбузов, В.С. Павлихин, В.К. Лозенко, Г.С. Мыщык, М.Ю. Румянцев. Эти сотрудники внесли существенный вклад в учебный процесс кафедры, основываясь на значительном опыте проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Непростая экономическая ситуация в 1990 г. не могла не сказаться на преподавательском составе кафедры, — по разным причинам в этот период ее покинули как уже сложившиеся (Н.Н. Мелихов, А.Б. Токарев), так и молодые преподаватели (В.В. Михеев, А.В. Ильин, А.С. Колонтаев, С.В. Прудников, О.В. Шубин). Не стало на кафедре и ветеранов, внесших неоценимый вклад в ее становление и развитие. Тем не менее, «костяк» кафедры сохранился, а профессорско-преподавательский состав пополнился как перешедшими в штат научными работниками (М.Ю. Румянцев, с 2013 г. заведующий кафедрой, Г.С. Мыщык, Н.Б. Жирнова, С.Ю. Останин), так и молодыми сотрудниками, успешно завершившими обучение в аспирантуре МЭИ (А.Н. Соломин, Б.Р. Липай, И.В. Станкевич, А.В. Бериллов, А.В. Сизякин).

Начиная с 1941 г. наименование кафедры неоднократно менялось, что в основном было связано с изменяющимися потребностями промышленности и, как следствие, направлениями подготовки специалистов. Так с 1941 г. по 1954 г. кафедра имела наименование «Авиационное и автотракторное электрооборудование (ААТЭ)», затем «Электрооборудование самолетов и автомобилей (ЭСА)» (1954 — 1989 гг.). В 1980 гг. в связи с бурным развитием космической энергетики и большим объемом НИР в этой области, а также с переходом на подготовку инженеров только по специальности «Электрооборудование летательных аппаратов» кафедра в 1989 г. получило новое наименование — «Энергоснабжение и электрооборудование летательных аппаратов (ЭЭЛА)», а спустя 9 лет, когда доля работ для ВПК резко сократилась, а в области гражданской сферы деятельности (не связанной с авиацией и космосом) возросла, наименование кафедры вновь поменялось и стало называться «Электротехнические комплексы автономных объектов (ЭКАО)».

В 2014 г. в результате структурных преобразований в МЭИ произошло объединение кафедры ЭКАО со старейшим структурным подразделением МЭИ — кафедрой Электрического транспорта. Объединенную кафедру Электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта (ЭКАО и ЭТ) возглавил М.Ю. Румянцев.

В настоящее время кафедра ЭКАО и ЭТ — это сложившийся и дружный коллектив единомышленников, обладающий большим научно-педагогическим и организаторским потенциалом. О последнем красноречиво говорит тот факт, что ряд ее сотрудников наряду со своей профессиональной деятельностью на кафедре работали и продолжают трудиться в различных структурах МЭИ. Так, длительное время (1974 — 1982 гг.) руководителем отдела научно-исследовательских работ (позднее НИЧ МЭИ), проректором по научной работе (до 1985 г.), а с 1985 г. по 1990 г. в должности ректора МЭИ работал заслуженный деятель науки и техники РФ профессор И.Н. Орлов. С 2002 г. проректором МЭИ по дополнительным формам образования (а с 2010 г. директором программы «НИУ») работает профессор С.И. Маслов. Проректором по международным связям с 1976 по 1985 гг. работал профессор М.А. Слепцов.

В разные годы деканами ЭМФ были Б.П. Апаров (дневное отделение), а затем, сменяя друг друга, А.М. Сугробов, А.П. Селезнев и В.И. Нагайцев (вечернее отделение). За 15 лет работы деканом ВЭМФ и объединенным деканом вечерних факультетов МЭИ (с 1984 по 1999 гг.) был В.И. Нагайцев, который организовал филиал ВЭМФ на московском заводе «Прожектор» (функционировал 8 лет), подготовку младших инженеров в Московском электромеханическом колледже, ускоренную подготовку (3 года 9 месяцев) специалистов из числа выпускников техникумов. В 1999 г. профессор В.И. Нагайцев возглавил хозяйственное подразделение МЭИ — Институт технологий, экономики и предпринимательства (ИТЭП), директором которого проработал до 2009 г.

В 1999 г. на базе двух факультетов — Электромеханического (ЭМФ) и факультета Электрооборудования, автоматизации промышленности и транспорта (ЭАПТФ) был образован Институт электротехники (ИЭТ), которым с 2004 г. руководит сотрудник кафедры





и ее выпускник профессор С.А. Грузков, работавший до этого заместителем декана факультета довузовской подготовки МЭИ.

Заметный след в общественных структурах МЭИ оставили В.С. Павлихин, долгое время трудившийся в профкоме МЭИ, а затем заместителем председателя профсоюза работников высшего образования и В.С. Ширинский, работавший начальником пионерского лагеря «Энергия» при институте (его на этом посту впоследствии сменила также выпускница кафедры С.А. Тронова).

### **Учебные дисциплины, преподаваемые на кафедре**

Учебные планы подготовки на электромеханическом факультете МЭИ в 1941 — 1950 гг. предполагали малую специализацию, многие дисциплины для специальностей «Электрические машины», «Электрические аппараты» и «ААТЭ» были общими. Несмотря на то, что в учебном процессе большое внимание уделялось серьезной разносторонней электротехнической базовой подготовке, с самых первых дней своего образования кафедра стала делать акцент на специальную подготовку. Этой задаче были подчинены как набор изучаемых дисциплин, так и соотношение между их объемами.

На этапе становления кафедры центральное место в учебной работе занимали дисциплины «Основы электрооборудования самолетов и автомобилей» и «Проектирование и расчет электрооборудования самолетов и автомобилей». Они были подкреплены вышедшим в том же году под редакцией А.Н. Ларионова учебным пособием «Основы электрооборудования самолетов и автомашин». Эти дисциплины уже под новым наименованием сохранили свой «базовый» статус и в настоящее время продолжают читаться студентам.

Прошли годы, развивались и совершенствовались авиация и автомобильный транспорт, соответственно менялись роль и значение электрооборудования, которое объективно стало восприниматься в качестве одного из самых значимых компонентов бортовых служебных систем. В течении всего времени кафедра оперативно откликалась на все требования промышленности, создавая соответствующие этим требованиям новые лекционные курсы, научные и учебные лаборатории, учебники, учебные и методические пособия.

Знаковыми в истории учебно-методической деятельности кафедры стали 1975 г. (выход под редакцией Н.Т. Коробана учебного пособия «Электроснабжение летательных аппаратов»), 1992 г., когда началась подготовка по трехуровневой системе образования «бакалавр–инженер–магистр», 2005, 2008 гг. (выход под ред. С.А. Грузкова базового двухтомного учебника «Электрооборудование летательных аппаратов» и 2011 г., когда начался набор студентов для обучения по новой, двухуровневой системе подготовки, предусматривающей использование Федерального государственного образовательного стандарта третьего (а

затем с 2016 г. — 3+) поколений. По этим стандартам кафедрой были разработаны учебные планы подготовки бакалавров и магистров по направлению «Электроэнергетика и электротехника» и рабочие программы по читаемым дисциплинам.

В настоящее время по профилю подготовки «Электрооборудование летательных аппаратов» в рамках подготовки бакалавров на кафедре преподаются дисциплины: «Информационные технологии», «Микропроцессорная техника», «Электрические и компьютерные измерения», «Математическое моделирование электромеханических систем», «Инженерный эксперимент», «Электромеханические системы», «Летательные аппараты», «Электронные устройства летательных аппаратов», «Системы электрооборудования летательных аппаратов», «Электропривод летательных аппаратов», «Конструирование устройств электрооборудования летательных аппаратов», «Методы преобразования энергии», «Проектирование электрооборудования летательных аппаратов», «Информационно-измерительные устройства».

По профилю подготовки «Электрооборудование автомобилей и тракторов» в рамках подготовки бакалавров кафедрой предусмотрены следующие дисциплины: «Информационные технологии», «Электромеханические системы», «Микропроцессорная техника», «Электрические и компьютерные измерения», «Математическое моделирование электромеханических систем», «Инженерный эксперимент», «Автомобили и тракторы», «Электронные устройства автомобилей и тракторов», «Электрооборудование автомобилей и тракторов», «Эксплуатация и ремонт автомобилей и тракторов», «Системы электроники и автоматики автомобилей и тракторов», «Методы преобразования энергии», «Проектирование электрооборудования автомобилей и тракторов», «Патентоведение и теория инженерного эксперимента».

В рамках магистерской программы «Электротехнические, электромеханические и электронные системы автономных объектов» кафедрой представлены дисциплины: «Микроконтроллерные системы управления электрооборудованием автономных объектов», «Перспективы развития электрооборудования автономных объектов», «Современные коммуникационные технологии в управлении автономными объектами», «Информационно-измерительные и навигационные системы автономных объектов», «Проектирование электрооборудования автономных объектов», «Системы документирования проектных решений», «Электронные энергетические системы», «Испытания электрооборудования автономных объектов». При этом «Технология производства электрооборудования летательных аппаратов» и «Технология производства электрооборудования автомобилей и тракторов», «Надежность электрооборудования летательных аппаратов» и «Надежность электрооборудования автомобилей и тракторов», «Экономика и организация производства электрооборудования летательных аппаратов» и «Экономика и организация производства электрооборудо-

вания автомобилей и тракторов» читаются по выбору студентов.

Все лекционные курсы имеют свои аналоги в виде электронных учебно-методических комплексов, практически все сопровождаются электронными образовательными ресурсами и раздаточным материалом, проводятся с использованием современных ИТ технологий и электронных средств отображения информации,

### **История становления и развития учебно-лабораторной базы кафедры**

Первая учебная лаборатория по изучению ААТЭ была организована в Лениногорском филиале кафедры и занимала помещение площадью 10 м<sup>2</sup>. После возвращения в Москву ее развитие продолжилось уже на объединенной кафедре, где была создана общая кафедральная лаборатория по электрооборудованию. Впоследствии, в 1949 г. были сформированы три учебных лаборатории: «Системы электроснабжения», «Аппараты зажигания и запуска» и «Дистанционные передачи и следящие системы». В своей эволюции они прошли несколько этапов, обусловленных модернизацией содержания соответствующих учебных дисциплин. Следует при этом отметить, что большинство лабораторных работ строилось на изучении и исследовании современных на тот момент времени элементов электрооборудования. Так, в лаборатории систем электроснабжения ЛА в 1967 г. были поставлены несколько лабораторных работ по изучению элементов электрооборудования самолета Ил-62 — первого отечественного авиалайнера с первичной системой электроснабжения переменного тока, вышедшего на трассы Аэрофлота в том же 1967 г. То, что кафедра оперативно откликалась на все новое, что появлялось в авиационном электрооборудовании являлось безусловной заслугой ее заведующего — профессора Н.Т. Коробана, являвшегося одним из руководителей летно-испытательного института ЛИИ им. М.М. Громова.

В середине 1960-х гг. на кафедре была создана лаборатория «Применение вычислительной техники», которая первоначально была ориентирована на использование аналоговых вычислительных машин МН-7. С конца 1970 г. ведущее положение в данной лаборатории стали занимать работы на цифровых вычислительных машинах — сначала на ЦВМ «Наири», а затем малых ЭВМ СМ и персональных компьютерах.

Начиная с 1982 г. кафедра полностью переоборудовала все учебные лаборатории с учетом перспектив развития курсов, перехода на новые стенды, оснащения образцами новейшего электрооборудования и измерительной техники. На новой технической и методической основе были созданы учебные лаборатории: «Системы электроснабжения летательных аппаратов», «Системы автоматического управления летательных аппаратов», «Электронные устройства ЭЛА», «Системы электропривода летательных аппаратов».

Позднее появились новые учебные лаборатории, ориентированные на применение компьютерной тех-



ники. К их числу относятся «Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования» и «Автоматизация инженерных экспериментов». В последней получила практическое воплощение концепция создания единого лабораторного комплекса, объединяющего реальное лабораторное оборудование со специализированными вычислительными комплексами на базе малых ЭВМ.

Проведенная на кафедре модернизация позволила существенно обновить и унифицировать лабораторные стенды, измерительные средства, аппаратуру управления и коммутации, что обеспечило переход к фронтальному или фронтально-тематическому проведению лабораторных занятий со студентами.

Отдавая должное самоотверженным усилиям нескольких поколений преподавателей, научных сотрудников и инженеров, участвующих в становлении и развитии учебной лабораторной базы кафедры, следует отметить, что к середине 1990-х гг. со всей остротой встал вопрос о необходимости очередного совершенствования учебных лабораторий. Десять лет интенсивной эксплуатации в учебном процессе вывели из строя многие компоненты лабораторного оборудования, которые оказались практически неремонтнопригодными. Средствами для закупки нового лабораторного оборудования кафедра в то время не располагала. Более того, при внимательном изучении этой проблемы оказалось, что даже располагая необходимыми финансовыми и материальными ресурсами, задачу создания современных учебных лабораторий традиционными способами не решить. В результате на кафедре была разработана концепция автоматизированного лабораторного практикума с удаленным доступом студентов к единичным образцам лабораторного оборудования по компьютерным сетям.

Опытные образцы подобного оборудования впервые в России были созданы силами сотрудников кафедры в 1996 — 1997 гг., а первый действующий макетный образец учебно-методического комплекса по изучению электромеханических систем прошел успешную апробацию на международной выставке-конференции «Учебная техника — 96». Через несколько лет на кафедре была введена в эксплуатацию интернет-лаборатория «Основы электроники», базовый комплект лабораторного оборудования с дистанционным доступом по сети Internet которого включает более 50 объектов экспериментального изучения.



В 2000-е гг. в компьютерных классах кафедры стали проводиться лабораторные занятия по курсам «Математическое моделирование электромеханических систем», «Системы документирования проектных решений», «Информационные системы и технологии», «Электронные энергетические системы», «Микроконтроллерные системы управления электрооборудованием автономных объектов». В это же время поставлен цикл лабораторных работ по автомобильному электрооборудованию, выполняемых на лабораторном оборудовании итальянской фирмы Electronica Veneta. Указанные работы получили дальнейшее развитие с вводом в эксплуатацию новой учебной лаборатории «Системы автомобильного электрооборудования». В 2011 г. в рамках лекционного курса «Информационно-измерительные и навигационные системы автономных объектов» была разработана миниатюрная термокамера с регулированием температуры, давления и потока воздуха, позволяющая исследовать датчики неэлектрических величин, используемых в электрооборудовании автономных объектов.

Развитые учебно-лабораторная и научно-исследовательская базы, высокопрофессиональный профессорско-преподавательский состав кафедры позволили ей успешно сертифицировать направление подготовки по специальности «Электрооборудование летательных аппаратов» общероссийской общественной организацией «Ассоциация инженерного образования России» (АИОР) и Европейской сетью аккредитации инженерного образования ENAEE. Этой программе подготовки специалистов присужден европейский знак качества EUR-ACE с занесением в реестр Европейской федерации национальных инженерных ассоциаций FEANI.

Ранее кафедра наряду с другими структурными подразделениями прошла аккредитацию АИОР по направлению бакалавриата «Электротехника, электромеханика и электротехнологии». Критерии и процедура аккредитации соответствуют положениям Болонской декларации и разработаны с учетом мирового опыта оценки качества инженерного образования.

### История научной деятельности кафедры

Годом начала научной работы на кафедре можно считать 1943 г., когда состоялся первый выпуск специалистов на дневном отделении. Работы велись по двум направлениям — самолетное электрооборудование (группы Б.П. Апарова и А.Н. Ларионова) и автотракторное электрооборудование (группа А.С. Кантера). С 1949 г. на кафедре сформировалось и начало интенсивно развиваться направление, связанное с разработкой теории и практики применения специальных электрических машин с возбуждением от постоянных магнитов. Это поле научной деятельности оказалось столь плодотворным, что определило на многие годы содержание работ значительного числа научных сотрудников и преподавателей кафедры.

Своеобразным признанием авторитета кафедры в этом научном направлении стало образование в 1962 г. на ее базе и совместно с кафедрой общей электротехники Проблемной лаборатории постоянных магнитов, которую возглавил А.Н. Ларионов, а после его кончины — В.А. Балагуров. С организацией этой лаборатории значительное внимание стало уделяться разработке магнитоэлектрических и индукторных генераторов с высоким КПД и улучшенными выходными и массогабаритными характеристиками для объектов спецтехники. В результате проведенных НИР были предложены новые типы магнитных систем и конструкций генераторов, в том числе комбинированного возбуждения, разработаны и внедрены в производство системы двухуровневого электропитания для грузовых автомобилей с дизельными двигателями, созданы новые методы регулирования и типы регуляторов напряжения, исследованы вопросы теории рабочего процесса, выведены математические модели электромеханических преобразователей с постоянными магнитами, методы их расчета и проектирования, ориентированные на применение ЭВМ.

Еще в 1949 г. под руководством А.Н. Ларионова группа сотрудников кафедры (Н.З. Мастяев, Г.И. Романова, А.П. Селезнев и др.) впервые в стране начала работу по гистерезисным электродвигателям, которые рассматривались в качестве альтернативы наиболее распространенным в электроприводе асинхронным двигателям и двигателям постоянного тока. Объем работ по этой тематике заметно увеличился после создания Проблемной лаборатории. Сотрудники кафедры Б.А. Делекторский, Н.З. Мастяев, И.Н. Орлов, А.П. Селезнев, В.Н. Тарасов, Г.А. Шмелева и др. разви-



ли фундаментальную теорию гистерезисного электродвигателя, создали ряд математических моделей этого уникального нелинейного электромеханического преобразователя, выполнили циклы работ по всем основным направлениям развития ГД и электропривода на его основе.

Из потребностей гироскопии (в первую очередь для управляющих гироскопов космических станций) возникла и проблема магнитного подвешивания тел и роторов. Результаты работ (В.А. Трегубов, В.С. Ширинский и др.) по опорам как с постоянными магнитами, так и управляемым магнитным подвесом нашли свое применение не только в гироскопии, но и других отраслях техники.

В последующем опыт кафедры по решению научно-технических проблем в области гироскопии и гистерезисного привода получил развитие в рамках тематического направления «Электропривод на базе гистерезисных электродвигателей для реализации роторных и центрифужных технологий» (В.Н. Тарасов, С.Ю. Останин, А.П. Селезнев, Б.А. Яковлев), ставшего одним из немногих в России образцов эффективной реализации высоких и приоритетных технологий в конверсионных процессах в промышленности.

Важной составляющей начального периода деятельности кафедры являлись работы в области зажигания и запуска авиационных двигателей и светотехнического оборудования самолетов. В дальнейшем результаты работ (В.А. Балагуров, В.Л. Бунаков, В.А. Прохоров) в области систем зажигания газотурбинных двигателей и автомобильных полупроводниковых систем нашли достойное воплощение в отечественной промышленности.

Исследования в области самолетных светотехнических импульсных установок и источников их питания, проводимые в начальный период развития кафедры, были продолжены в 1970 г. Г.Н. Сениловым и его научной группой. В результате были созданы десятки разновидностей импульсных сигнальных огней практически для всех типов самолетов, судов, автомобилей и других объектов.

В 1956 — 1958 гг. кафедра совместно с профильными организациями Министерства авиационной промышленности (МАП) участвовала в работах по определению оптимальных параметров авиационных систем электроснабжения переменного тока и качества вырабатываемой ими электроэнергии. Исследования по выявлению оптимальных структур авиационных СЭС активизировались, когда кафедру возглавил Н.Т. Коробан. В те годы активно исследовались вопросы по использованию на борту альтернативных пневмомеханических и гидромеханических приводов постоянной частоты вращения систем ПСПЧ — «переменная скорость — постоянная частота». В рамках этих исследований на кафедре проводились работы по вопросам использования в СЭС асинхронизированно-

го синхронного генератора (В.Г. Еременко, Н.Т. Коробан).

В 1980 — 1990 гг. кафедра (А.М. Русаков, А.М. Сугробов, Л.Л. Таланов, П.А. Тыричев) активно занималась вопросами проектирования и разработки электромашинных источников питания для автономных объектов, не связанных с авиацией. В частности, в рамках проводимых НИР были спроектированы генератор для космического корабля «Буран», турбогенераторные установки для ряда ракет. Особое место среди этих работ занимали исследования, связанные с использованием нетрадиционных источников энергии.

Особое место с конца 1960 гг. в научной деятельности кафедры занимали вопросы электроэнергетики космических аппаратов. Работы, проводимые кафедрой в этом направлении (М.Ю. Васильев, Г.М. Веденеев, Ф.Ф. Галтеев, В.Г. Еременко, А.Б. Токарев, С.П. Шпаков, Н.Б. Жирнова и др.), предусматривали как разработку научных основ оптимального проектирования новых космических СЭС, так и совершенствование существующих систем. При этом решались системные, параметрические и эксплуатационно-технические задачи. Смонтированная в 1980 г. уникальная установка — полноразмерный макет системы электроснабжения космического аппарата «Космос-1970» позволил проводить натуральные исследования элементов различных вариантов СЭС.

В последние годы существенно сократившимся коллективом, который возглавил В.Г. Еременко, проводились работы, посвященные решению актуальных проблем снижения массы и увеличения срока активного существования систем электроснабжения КА с солнечными батареями. Значительное место в научной деятельности группы занимали вопросы обеспечения надежной работы накопителей энергии на автономных объектах. Были предложены технологические и алгоритмические методы эксплуатации герметичных аккумуляторных батарей, при этом оригинальность предложенных решений подтверждена авторскими свидетельствами. Программные средства отрабатывались в Институте космических исследований РАН при создании систем электропитания (СЭП) малых спутников в рамках международного проекта «Интербол» и малой автономной станции «МАРС 94/96».

С конца 1950 гг., с разработки транзисторных усилителей мощности для следящих систем (Ф.Ф. Галтеев), кафедра начала проводить научно-исследовательские работы в области электронных устройств летательных аппаратов и других транспортных средств. В частности, развитие полупроводниковой техники стимулировали работы по вторичным источникам электрической энергии — статическим преобразователям различного назначения, в результате которых была изобретена их рациональная структура, рассмотрены вопросы ее оптимизации и математические модели физических процессов. Итогом работы стало создание и внедрение

в промышленность магнитно-транзисторных преобразователей напряжения для радиоизотопных источников энергии, имеющих большие КПД и надежность работы, разработка и внедрение в промышленность источников питания для сигнальных огней, маломощных источников с регулирующей аппаратурой.

В последующем работы по электронике заметно расширились и охватили разные компоненты электрооборудования: от полупроводниковых коммутаторов вентильных электродвигателей (В.К. Лозенко, Н.Н. Мелихов, В.А. Морозов, В.И. Нагайцев и др.) до электронных систем зажигания (В.Л. Бунаков) и источников вторичного электропитания (Н.Н. Мелихов, Л.Л. Таланов и др.). Особенно широко развернулись работы по вентильным электромеханическим преобразователям, где получили широкое развитие многие вопросы теории, алгоритмов управления, структур вентильных электродвигателей, разработаны инженерные методы и рекомендации по решению комплекса задач их анализа и синтеза. По сути, в то время на кафедре сформировалось новое перспективное быстроразвивающееся научно-техническое направление в электромеханике.

Работы в области электроники сформировали в итоге еще одно важное направление научной деятельности кафедры — создание многоканальных транзисторных источников вторичного электропитания (статических преобразователей электроэнергии с многоканальным преобразующим трактом) всех классов постоянного и переменного тока (в том числе с улучшенными показателями качества энергии) для авиационно-космических систем, промышленных устройств, бытовой аппаратуры, систем бесперебойного питания (Г.С. Мыщук, В.В. Михеев и др.).

С 2010 г. продолжением работ кафедры в области силовой электроники стали разработка и поставка преобразователей для систем электропитания повышенного напряжения и частоты для роботизированных необитаемых подводных аппаратов кабельного типа (М.Ю. Румянцев, В.А. Бериллов, Д.С. Грузков и др.).

Особое место на кафедре занимали вопросы, связанные с разработкой высокоскоростных и сверхвысокоскоростных электротубомашин на газовом подвесе (В.А. Морозов, М.Ю. Румянцев, М.В. Нестеров, Н.Е. Захарова, С.Н. Зотов, С.И. Сигачев, С.И. Щедухин и др.). Применение последних является одним из перспективных направлений развития электрооборудования автономных объектов. В рамках этого направления, которое получило развитие с начала 90-х гг XX в. были выполнены работы для ряда авиационных и космических систем — доработаны узлы электрических машин и разработаны электронные преобразователи для энергетических и криоэнергетических установок космического назначения малой мощности (3 — 15 кВт), работающих на гелий-ксеноновой смеси по замкнутому газовому циклу Брайтона, двухступенчатый фреоновый центробежный электрокомпрессор

для системы кондиционирования кабины вертолета и высокоскоростной (100000 об/мин) турбогенератор, работающий по парогазовому циклу Ренкина.

Важное место в научных планах группы занимает разработка серии безмасляных центробежных компрессоров на базе сверхвысокоскоростных электротубомашин мощностью 3 — 200 кВт, которые востребованы при создании систем аэрации и водоподготовки, транспортировки сыпучих веществ, кондиционирования автономных объектов, в очистных сооружениях, опреснительных установках и др.

Использование энергии выхлопных газов на современных и перспективных автомобилях позволяет экономить до 15% топлива, поэтому проводимая группой разработка газового турбогенератора мощностью 1 — 3 кВт с приводом от выхлопных газов может найти применение в автомобильной промышленности. Еще одно направление работ сотрудников научной группы связано с разработкой высокоскоростных турбогенераторов мощностью 15 — 150 кВт, которые являются важнейшим элементом современных микротурбинных энергетических установок и находят применение в малой энергетике при реализации систем децентрализованного электро- и теплоснабжения для автономных и удаленных от линий электропередач объектов. Перспективным является также использование высокоскоростных турбогенераторов в системах энергоснабжения малых летательных аппаратов и разработке концепции СЭС более электрифицированного самолета.

При этом разработка лепестковых газодинамических подшипников (ЛГП) под руководством Н.Е. Захаровой и С.И. Сигачева для высокоскоростных электротубомашин является самостоятельным направлением работ кафедры. В настоящее время номенклатура выпускаемых кафедрой ЛГП является наиболее широкой в нашей стране, а открытие в 2015 г. новой научной лаборатории по созданию перспективных антифрикционных покрытий для таких опор (руководитель работ заслуженный изобретатель РФ, к.т.н. Г.Е. Андрейчикова) позволит кафедре и в дальнейшем занимать лидирующие позиции в этом направлении развития техники.

В 1993 г. на кафедре сформировалась научная группа (первоначальный состав: А.М. Русаков, Н.Ю. Васильева, О.В. Платонова, А.Н. Соломин; в последующем: В.Н. Русакова, И.А. Жердев, Н.А. Окунева, А.М. Сугробов, И.В. Шатова, В.А. Шатов) с направлением работ, связанных с исследованием, разработкой и внедрением машинно-вентильных преобразователей на базе электрических машин переменного тока с постоянными магнитами и индукторных машин с обмоткой возбуждения. Одним из первых результатов деятельности группы стала разработка электродвигателей с постоянными магнитами для компрессоров микрокриогенных систем тепловизионных приборов, которые впоследствии применялись на боевых вертолетах и беспилотных летательных аппаратах Министерства обороны.



В первой половине 1990 г. научная группа тесно сотрудничала с НПП «Морская техника». Проведенные НИР и конструкторские проработки по заданиям ЦКБ «Рубин», КБ «Лазурит» и др. показали, что вентильные двигатели с постоянными магнитами и вентильные индукторные двигатели с обмоткой возбуждения мощностью до 10 МВт, обладающие низким уровнем виброшумовых характеристик и высокой надежностью, могут найти широкое применение в судовых электроприводах как специального, так и обычного применения.

В 2004 — 2010 гг. для нефтедобывающего оборудования научной группой разработаны отрезки из 10 серий вентильных электродвигателей мощностью от 6 до 400 кВт и обеспечено их серийное производство для нужд нефтедобывающего оборудования. В настоящее время разработанные двигатели успешно эксплуатируются на российских и зарубежных месторождениях.

За достаточно короткий срок по заказу ООО «Центртехкомплект» (г. Москва) при содействии Московской объединенной энергетической компании (МОЭК) группой был разработан комплектный электропривод с повышенными требованиями по надежности и бесперебойности работы. Был создан и освоен на Сафоновском электромеханическом заводе отрезок серии мощных многосекционных индукторных двигателей с обмоткой возбуждения мощностью 250, 315, 400, 630 и 1250 кВт.

Опытно-промышленная эксплуатация двигателей этого отрезка серии в составе московских РТС «Коломенская», «Жулебино», «Пенягино», «Отрадное» показала их высокую энергоэффективность и надежность.

Другая часть разработок группы связана с индукторными генераторами, работающими в условиях переменной частоты вращения, т.е. в системе «вентильный генератор – преобразователь частоты». Разработанные генераторы уже находятся в опытно-промышленной эксплуатации на ряде малых ГЭС в Армении, а также готовятся к эксплуатации на строящихся ГЭС в Кабардино-Балкарии и ряде стран Латинской Америки.

В период с 2011 по 2016 гг. группа выполнила 7 НИР и 6 ОКР, связанных в основном:

- с разработкой тяговых мотор-генераторов и тягового электродвигателя на базе индукторных машин с обмоткой возбуждения для семейства высококомбинированных модульных платформ нового поколения для монтажа, транспортирования и обеспечения боевого применения перспективного вооружения и военной техники (удачный опыт реализации на практике работ группы по созданию электротрансмиссий был продемонстрирован в рамках НИР «Крымск»);

- с проведением проектных расчетов и разработкой эскизной конструкторской документации на некоторые элементы электрооборудования для ПАК ФА.

В 2012 г. А.М. Русаков в составе авторского коллектива стал лауреатом Премии Правительства РФ за

«Разработку и внедрение базовой технологии и интеллектуальных электромеханических комплексов для производственных отраслей и сфер жизнедеятельности с жесткими требованиями к надежности и бесперебойности работы».

В 1950 г. на кафедре начаты первые работы по применению ЭВМ для исследования и проектирования электромеханических устройств. Характерно, что данное направление с первых шагов развивалось выпускниками кафедры (Ю.В. Арбузов, О.Г. Архипов, С.Н. Анисимов, Т.Н. Карпухина, С.И. Маслов, И.Н. Орлов, В.В. Спиринов, Г.А. Шмелева), что в значительной степени определило прикладной характер проводимых работ. К концу 1960-х гг. на кафедре были созданы первые прикладные программы, переданные в ряд проектных организаций. Это ознаменовало качественно новый этап перехода к разработке программных продуктов, что потребовало от разработчиков не только глубоких знаний в предметной области, но и навыков профессиональных программистов.

По мере совершенствования средств вычислительной техники, улучшения условий ее применения расширялся и круг решаемых задач. Значительно продвинулись работы по математическому моделированию физических процессов в электромеханических системах. Соответствующие математические модели и программы анализа составили основу для автоматизации проектных работ и процедур принятия проектных решений. Силами сотрудников кафедры проведены работы, направленные на автоматизацию конструкторских работ, создано несколько прикладных программ расчетно-геометрического моделирования проектируемых конструкций.

В дальнейшем по мере совершенствования средств вычислительной техники и роста финансовых возможностей кафедры значительно продвинулись работы по математическому моделированию физических процессов в электромеханических и мехатронных системах, имитационному компьютерному моделированию устройств силовой электроники, что нашло свое отражение в многочисленных публикациях и лабораторных практикумах, проводимых на кафедре в рамках профильной подготовки студентов.

Перечисленные здесь направления естественно не охватывают всего многообразия научной работы кафедры, всегда не только динамично реагирующей на новые идеи, но и создающей благоприятные условия для профессионального совершенствования своих сотрудников. О широте и качестве научных работ, проводимых на кафедре свидетельствует тот факт, что в разное время 12 ее сотрудников защитили докторские диссертации по различным научно-техническим направлениям: (А.Б. Апаров — электротехнические комплексы специального назначения, В.А. Балагуров — аппараты зажигания, Г.М. Веденеев — системы электроснабжения космических аппаратов, Б.А. Делек-

торский — гироскопический электропривод, В.Г. Еременко — полупроводниковые устройства, В.К. Лозенко — вентиляный электропривод, С.И. Маслов — автоматизация проектирования, Г.С. Мыщык — электронные энергетические системы, И.Н. Орлов — теория и проектирование гироскопических электродвигателей, Г.Н. Сенилов — светотехническое оборудование самолетов, В.Н. Тарасов — гистерезисный электропривод), Л.Н. Сафонов — прецизионные датчики угла.

Завершая обзор научно-технической деятельности коллектива кафедры следует отметить, что о высоком уровне выполняемых НИР свидетельствуют сотни изобретений в области электромеханических и электронных энергетических систем, подтвержденных патентами, авторскими свидетельствами и свидетельствами на полезную модель. Значительный вклад в развитие творческого потенциала кафедры в разные годы внесли Заслуженный изобретатель РФ Г.М. Веденев, Заслуженный изобретатель Москвы В.Н. Тарасов, А.В. Чесноков, Г.Н. Мыщык, В.Г. Еременко, В.К. Лозенко, А.М. Санталов, А.М. Русаков, А.М. Сугробов и др. В 2000 г. А.М. Сугробов и В.С. Ширинский были удостоены золотых медалей Брюссельской международной выставки изобретений EUREKA 2000. Спустя 14 лет А.М. Сугробов получил золотую медаль за изобретение «Синхронный электрический генератор» на международной выставке INEA-2014 в Нюрнберге.

Казалось совсем недавно кафедра отпраздновала свое 70-летие, но за последние пять лет в ее истории произошли существенные изменения. Поменялась ее структура, кафедру возглавил перспективный ученый и организатор науки М.Ю. Румянцев. Взамен площадей, занимаемых в корпусе «Х», в ее распоряжение предоставлен весь 6-ой этаж корпуса «М». Новые аудитории были отремонтированы и преобразованы в оснащенные по последнему слову техники специализированные лекционные и учебно-научные лаборатории. Повышению качества образовательного процесса способствовали разработанные сотрудниками кафедры по читаемым курсам электронные образовательные ресурсы и новое оформление, дающее более полное представление об электрооборудовании автономных объектов.

В 2010 г. МЭИ получил статус национального исследовательского университета (НИУ), что предусматривало, в частности, существенное укрепление материальной базы научных и учебных подразделений, оснащение их современным оборудованием, лицензионным программным обеспечением. Используя открывшиеся возможности, сотрудники кафедры разработали концепцию по созданию научно-технического и учебного комплекса для исследования, испытания и изучения машинно-вентильных и энергетических систем автономных объектов. В рамках программы «НИУ» и реализации этой концепции на кафедре созданы учебно-научные лаборатории:



- по исследованию высокоскоростных электротурбомашин (в составе стендов с воздушным приводом для исследования микротурбинных энергоустановок и исследования высокоскоростных центробежных электрокомпрессоров, стендов для исследования и испытания динамических свойств и несущей способности лепестковых газодинамических подшипников (ГДП), исследовательского комплекса для разработки изготовления и изучения высокотемпературных антифрикционных покрытий лепестковых ГДП, станка для балансировки высокоскоростных роторов, оснастки для изготовления лепестковых ГДП);

- по испытанию электрических машин (в составе пяти сертифицированных испытательных стендов швейцарской фирмы «MAGTROL»);

- по исследованию свойств магнитных материалов (в составе сертифицированного оборудования немецкой фирмы Magnet-Physik Dr. Steingroever GmbH);

- силовой и информационной электроники (в составе аппаратно-программного комплекса для исследования прототипов информационно-управляющих устройств, стендов с современными приборами для проведения научных исследований: 4-х лучевые цифровые осциллографы производства фирмы LeCroy (США) серии WaveSurfer; комплекс прецизионных приборов серии WK3260B английской фирмы Wayne Kerr для измерения индуктивностей и параметров двухобмоточных трансформаторов; электронные нагрузки мощностью 1800 Вт; мощные (до 1000 Вт) лабораторные источники питания с различным сочетанием выходных токов и напряжений; регулируемые источники переменного тока (до 200 В, 500 Гц), а также современные генераторы сигналов, аналоговые осциллографы, мультиметры и др.



Проведение современных научных исследований и образовательного процесса немислимы без применения специализированного программного обеспечения и средств вычислительной техники. Поэтому в рамках программы НИУ кафедра была оснащена лицензионными пакетами прикладных программ, используемых для анализа, моделирования, разработки и проектирования технических устройств и систем. При этом модернизируются существующие и создаются новые компьютерные классы и рабочие места, начала функционировать новая кафедральная компьютерная сеть на основе мощного сервера, размещенного в специально отремонтированной отдельной аудитории кафедры.

Во многом благодаря полученному и освоенному научно-исследовательскому оборудованию кафедра стала ведущим по объему НИОКР подразделением Института электротехники и одним из ведущих подразделений в МЭИ. НИОКР ведется в двух фактически полноценных научных группах, руководимых в.н.с. А.М. Русаковым (состав группы 9 чел.) и зав. кафедрой М.Ю. Румянцевым (14 чел.). При этом активное участие в проводимых работах принимают 5 аспирантов кафедры. Работы кафедры соответствуют около 20% от общего числа основных научных направлений деятельности НИУ «МЭИ», при этом объем НИОКР возрос с 23,73 (2012 г.) до 43,668 млн руб. (2015 г.). Это в 1,4 раза больше суммарного объема НИОКР всех остальных кафедр и научных подразделений ИЭТ.

В структуру проводимых кафедрой НИОКР входят:

- теоретические расчеты и моделирование;
- проектирование и поверочные расчеты;
- конструирование, выпуск эскизной документации, изготовление экспериментальных образцов;
- разработка лабораторных стендов;
- сопровождение выпуска рабочей документации изготовления опытных образцов;
- участие в испытаниях;
- мелкосерийные поставки.

Основная направленность НИОКР при этом связана с разработками:

- элементов тягового электрооборудования (генераторов и электродвигателей) для высококомобильных модульных платформ специального назначения (3 договора сроком на 2 — 3 года);
- генераторов авиационного назначения (3 договора сроком на 1 год каждый);
- электроприводов двойного назначения на основе гистерезисных электродвигателей и деформируемых наноструктурированных магнитных сплавов (1 международный грант сроком на 2 года, 2 российских гранта сроком на 3 года);
- электронной системы электропитания подводных аппаратов (1 договор сроком на 5 лет);
- систем электроснабжения специальных объектов на основе сверхвысокоскоростных турбогенераторов (5 договоров сроком от 0,5 до 3 лет);
- вентильного электродвигателя для нефтедобывающего оборудования (1 договор сроком на 0,5 года).

Результаты НИР, воплощенные в конкретные изделия, с успехом были продемонстрированы кафедрой на Международном авиационно-космическом салоне МАКС-2015 и при презентации их министру энергетики РФ во время работы Попечительского совета МЭИ.

В результате реализации программы «НИУ» кафедры ЭКАО и ЭТ, как современное научно-образовательное подразделение, стремится еще больше усилить свои позиции на рынке научно-образовательных услуг. Однако, участвуя в ежегодных конкурсах по финансированию своих проектов нельзя не вспомнить исторический лозунг из недавнего славного прошлого нашей страны: «Кадры решают все!», ибо приобретаемое оборудование, модернизированные научные лаборатории и центры, специализированные учебные классы только тогда смогут стать основой для успешного развития, когда будут активно и всесторонне использованы сотрудниками и преподавателями, студентами и аспирантами для проведения научных исследований, выполнения разработок перспективного электрооборудования и договорных работ. Набор будущих студентов в условиях демографического кризиса и снижения интереса к техническим профессиям, подготовка кадров, способных грамотно распорядиться предоставленной современной техникой, — важнейшая задача, стоящая сегодня перед коллективом кафедры.

Исторический семидесятипятилетний опыт кафедры ААТЭ – ЭСА – ЭЭЛА – ЭКАО – ЭКАО и ЭТ позволяет сделать вывод о том, что и эта, и другие задачи, которые выдвигает жизнь, будут успешно решены ее коллективом, а кафедра и впредь будет занимать ведущие позиции в МЭИ и среди родственных кафедр других ВУЗов страны.

*Статья поступила в редакцию 24.05.2016*