
ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (МЭИ: люди и годы) (07.00.10)

УДК 621.165

DOI: 10.24160/1993-6982-2019-2-129-133

К 100-летию со дня рождения Бориса Михайловича Трояновского

Т.В. Богомолова, В.Г. Грибин

Работа посвящена научной и педагогической деятельности доктора технических наук, профессора кафедры паровых и газовых турбин им. А.В. Щегляева НИУ «МЭИ» Б.М. Трояновского, в связи с 100-летием со дня его рождения.

Рассмотрены основные результаты научных исследований, определившие направления развития паровых турбин большой мощности для ТЭС и АЭС в России и за рубежом, принципы проектирования последних ступеней ЦНД мощных паровых турбин.

Для цитирования: Богомолова Т.В. Грибин В.Г. К 100-летию со дня рождения Бориса Михайловича Трояновского // Вестник МЭИ. 2019. № 2. С. 129—133. DOI: 10.24160/1993-6982-2019-2-129-133.

On the 100th Anniversary of the Birth of Boris Mikhailovich Troyanovskii

T.V. Bogomolova, V.G. Gribin

The article is devoted to the scientific and pedagogical activities of B.M. Troyanovskii, Doct. Tech. Sci., Professor of the MPEI Chair of Steam and Gas Turbines named after A.V. Shcheglyayev, on the occasion of his 100th anniversary.

The article outlines the main results of scientific investigations that determined the development lines of large-capacity steam turbines for thermal and nuclear power plants in Russia and abroad, and the principles of designing the last stages of low-pressure cylinders for large-capacity steam turbines.

For citation: Bogomolova T.V., Gribin V.G. On the 100th Anniversary of the Birth of Boris Mikhailovich Troyanovskii. Bulletin of MPEI. 2019;2:129—133. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2019-2-129-133

В апреле 2019 г. исполняется 100 лет со дня рождения замечательного преподавателя, известного ученого, лауреата Государственной премии СССР и премии им. И.И. Ползунова, профессора кафедры паровых и газовых турбин Бориса Михайловича Трояновского.

В его судьбе сплелись трагические события Великой Отечественной войны, радость долгожданной Победы, невзгоды и лишения послевоенных лет, тернистый путь научного становления и постижения педагогического мастерства вопреки физическим недугам, возникшим от тяжелых ранений, полученных на фронте. И всегда он оставался оптимистичным, энергичным, открытым новым научным достижениям и доброжелательным к коллегам и ученикам.

Борис Михайлович родился в г. Харькове, а в 1922 г. семья переехала в Москву. В 1936 г. Б.М. Трояновский

закончил среднюю школу и поступил в Московский авиационный институт. По причинам, нам неизвестным, но, как оказалось, счастливо связавшим его жизненный путь с кафедрой паровых и газовых турбин (ПГТ), в 1939 г. он перевелся в Московский энергетический институт на теплоэнергетический факультет и в июне 1941 г. получил диплом инженера-теплоэнергетика с отличием.

В первые же дни войны 29 июня 1941 г. по призыву Первомайского РВК г. Москвы он уходит в армию, проходит начальное обучение и отправляется в действующую армию в звании политрука и должности старшего инструктора политотдела 90 Краснознаменной строевой дивизии, участвует в военных действиях Северо-Западного и Ленинградского фронтов.

Из наградного листа: «...по заданию командования, как знающий немецкий язык, 4 раза (27 — 30 июля 1941 г.) хо-



дид в ближний тыл немецких войск для перехвата неcodируемых немецких приказов. Во время выполнения этого задания дважды вступал в бой с немцами. Во время разведки на южном берегу реки Луги 30 июля 1941 г. группа разведчиков в составе трех человек под командованием товарища Б.М. Трояновского уничтожила двух немецких солдат и захватила в плен немецкого офицера. Пленный дал в штабе дивизии ценные сведения. Во время этой операции Б.М. Трояновский был легко ранен пулей в грудную клетку. 10 августа 1941 г. в районе населенного пункта Манино Волосовского района по заданию начальника штаба дивизии Б.М. Трояновский с группой бойцов прикрывал отступление артчасти, оставшейся без боеприпасов. Артчасть благополучно отошла в тыл. Во время выполнения этого задания был тяжело ранен, в результате этого ранения была ампутирована правая нога и выбит правый глаз. Уволен из Красной армии 8 апреля 1942 г., как инвалид 2-ой группы. Достоин представления к ордену «Красная звезда».

Профессор Б.М. Трояновский награжден боевыми медалями «За Отвагу», «За оборону Ленинграда», «За Победу над Германией».

После демобилизации Борис Михайлович некоторое время работал начальником лаборатории на заводе боеприпасов № 70, а затем в 1944 г. поступил на кафедру паровых и газовых турбин МЭИ ассистентом. Так началась его многолетняя плодотворная карьера в турбостроении.

Кафедру в те годы возглавлял профессор А.В. Щегляев. Из армии постепенно возвращались старые преподаватели и сотрудники: С.Г. Смелницкий, Н.Г. Морозов, И.Н. Кирсанов, В.Ф. Маркин, Н.С. Соколов и другие. Пришли на кафедру и молодые работники: М.Е. Дейч, Ю.С. Самойлович, А.Н. Шерстюк, А.Г. Костюк, которые вместе с Б.М. Трояновским составили пятерку будущих блестящих ученых.

В 1948 г. Борис Михайлович защитил кандидатскую диссертацию, посвященную экспериментальным исследованиям лабиринтовых уплотнений паровых турбин, а в 1967 г. — докторскую диссертацию по теме «Последние ступени конденсационных паровых турбин». Она предопределила многие его дальнейшие научные исследования.

В те годы стремительно наращивались мощности проектируемых паровых турбин, и проблема создания надежных и экономичных последних ступеней с длинными лопатками выходила на первый план в турбостроении.

Последние ступени занимают особое место в проектировании турбин, еще больше их роль в турбинах насыщенного пара для атомных электростанций (АЭС) и турбинах, работающих в составе ПГУ. Размеры последней ступени и возможность получения в ней высокого коэффициента полезного действия оказывают решающее влияние как на единичную мощность и выбор принципиальных показателей турбоагрегата, так и на его общую экономичность. Ведь только одна последняя ступень мощной конденсационной турбины на номинальном режиме вырабатывает до 10% суммарной мощности установки, а в турбинах насыщенного пара для АЭС и турбинах ПГУ доля мощности последних ступеней еще больше.

Сочетание особых условий течения: ярко выраженной пространственной структуры потока и двухфазности среды, сжимаемости, продольного положительного и отрицательного градиентов давления, скачков уплотнения и разрежения, перехода через скорость звука, отрыва от ограничивающих поверхностей, массообмена как на меридиональных обводах, так и на поверхности лопаток, перехода от ламинарного течения к турбулентному, нестационарности течения, сложной формы ступеней, связанной с предельными условиями обеспечения надежности, технологических требований, — все это привело к тому, что в отличие от других ступеней турбин задача о рациональном их проектировании требовала научных исследований по многим направлениям.

Следует отметить еще одну важную особенность этих ступеней: при неизбежном изменении режима турбоустановки (конечного давления и расхода пара), в первую очередь, именно последние ступени меняют свои характеристики. При этом происходят сложные процессы в пространственной структуре потока, характере обтекания лопаточных решеток, распределении расхода по высоте ступени. Наличие зон местных перерасширений и последующих диффузорных участков в потоке с отрывными явлениями в решетках и на меридиональных обводах с образованием зон возвратно-вихревых токов вызывает дополнительные потери энергии и повышенную вибрацию.

Неблагоприятные условия эксплуатации ступени при режимах частичных нагрузок усугубляются увеличением эрозионного износа лопаток. Авария на первом блоке Новочеркасской ГРЭС с разрушением главного корпуса, произошедшая в конце 1960-х гг. и вызванная, по мнению А.В. Щегляева, неправильным проектированием последней ступени турбины, еще более заострила проблему проектирования ЦНД мощных паровых турбин.

Для решения данных задач был создан сектор цилиндров низкого давления мощных паровых турбин под руководством Б.М. Трояновского, входящий в состав газодинамического отдела кафедры ПГТ, шефом которого был блестящий и плодотворный ученый Михаил Ефимович Дейч.

В секторе велись работы по следующим направлениям.

- Создание и экспериментальное исследование решеток профилей для длинных лопаток (диссертация Е.В. Майорского «Исследование и профилирование сверхзвуковых решеток последних ступеней мощных паровых турбин» и В.В. Лукина «Исследование периферийных сечений длинных рабочих лопаток», в том числе двояковыпуклых профилей (кандидатская диссертация Г. Зидта «Некоторые вопросы профилирования рабочих лопаток последних ступеней паровых турбин»). Позже кандидатскую диссертацию «Оптимизация геометрических параметров сверхзвуковых сопловых и рабочих решеток паровых турбин» защитил Б.А. Гарагуля.

- Экспериментальное исследование кольцевых решеток (Л.Е. Киселев «Исследование кольцевых сопловых решеток ступеней осевых турбин большой веерности»).

- Экспериментальное исследование модельных ступеней паровых турбин (К. Нойман «Некоторые вопросы проектирования и исследования элементов ЦНД паровых турбин» и А.И. Занин «Экспериментальное аэродинамическое исследование турбинных ступеней большой веерности на переменных режимах»).

В результате этих исследований не только были получены важные научные результаты, которые по договорам с турбинными заводами внедрялись в проекты новых турбин, но это еще была и кузница научных и педагогических кадров для всей страны и государств стран народной демократии.

Четвертое направление исследований по расчетному моделированию пространственных течений в ступенях большой веерности было открыто в 1970 г. Плавать по бурным волнам пространственных течений Б.М. Трояновский отправил только что окончившую курс обучения Т.В. Богомолу. Расчетными экспериментами на кафедре еще никто не занимался, хотя Россия была лидером по разработке вычислительной математики, отчасти благодаря отсутствию мощных компьютеров. Ученые математики мировой величины А.А. Самарский, С.К. Годунов, О.М. Белоцерковский и др. уже разработали методические основы применения экономичных разностных схем и их приложений к расчету газодинамических течений.

В результате расчетного эксперимента и сопоставления его результатов с опытными данными удалось построить теорию образования отрывных течений в корневых сечениях последних ступеней и на периферии в межлопаточном зазоре на режимах малых на-

грузок (Т.В. Богомолу «Исследование работы турбинной ступени большой веерности при частичных нагрузках».) Продолжением этой работы стала диссертация Л.К. Радионовой «Исследование последней ступени турбины совместно с выходным патрубком».

Главным принципом научного руководства Бориса Михайловича была поддержка самостоятельного творчества аспирантов, расширение их научного кругозора и совершенствование грамотного изложения технической мысли.

Он был замечательным преподавателем, которого студенты любили и уважали. Лекции читал в хорошем темпе, четко и ясно, всегда выделяя принципиально важные для знания предмета детали. Конспектом Борис Михайлович не пользовался, свободное владение материалом позволяло в доступной форме излагать физическую сторону явлений, а не только конкретные методы расчета и факты.

Активная переписка с зарубежными коллегами, контакты со специалистами позволяли ему быть в курсе актуальных проблем и перспектив развития паротурбостроения. Своими знаниями он всегда охотно делился с коллегами и учениками, поэтому на занятиях в доступной и ясной форме студенты получали интересную информацию по новым разработкам и последним событиям на заводах и электростанциях, а не только материал, предусмотренный программой. Работа рядом с Борисом Михайловичем помогала становлению молодых преподавателей, а учениками были не только студенты и аспиранты, но и работники промышленности, которые приезжали на кафедру для повышения квалификации.

Почти 40 лет Б.М. Трояновский читал базовые курсы паровых турбин и переменных режимов паровых турбин, обязательно проводил упражнения и курсовой проект в одной из групп. Много лет руководил методической работой на кафедре, готовил учебные планы и рабочие программы дисциплин для инженеров-механиков и теплоэнергетиков.

Пожалуй, самым важным аспектом его многогранной деятельности стало написание учебников по



паровым турбинам. Книга по переменному режиму паровых турбин, вышедшая в 1955 г. в соавторстве с Г.С. Самойловичем, уникальна по простоте описания сложнейших физических процессов в турбинах и универсальности полуэмпирических методов расчета ступеней турбин и паротурбинной установки в целом на переменных режимах. Она неоднократно дополнялась и переиздавалась.

Сборник задач по курсу турбин появился в 1957 г. также в соавторстве с Г.С. Самойловичем, выдержал три издания, был переведен полностью на японский язык и издан в Японии, и до настоящего времени поистине незаменим.

Написанный совместно с М.Е. Дейчем в 1964 г. учебник «Исследования и расчёты ступеней осевых турбин» был удостоен престижной премии им. И.И. Ползунова. В книге рассмотрены методы и результаты экспериментального исследования турбинных решёток и ступеней, способы теплового и аэродинамического расчётов и пути рационального проектирования ступеней. Большое внимание уделено регулирующим ступеням различных типов, промежуточным и последним ступеням паровых турбин. Также изучено влияние влажности на характеристики проточной части ступени. В издании использованы в основном результаты исследований, проведённых в МЭИ, а также материалы, полученные в других организациях страны и за рубежом. Книга, дополненная новыми данными, была переведена на немецкий язык под названием «Untersuchung und Berechnung axialer Turbinestufen» и издана в Германии в 1978 г.

Первое издание учебника «Турбины для атомных электростанций» появилось в 1973 г. В нем рассматриваются тенденции в проектировании турбин и турбинных установок для АЭС, выбор параметров тепловых схем, обоснование выбора скорости вращения влажно-паровых турбин. Широко анализируются конструкции турбин АЭС как отечественных, так и зарубежных, применяемые материалы, противозерозионная защита, сепарация влаги. Представлены итоги эксплуатации подобных турбин. В дальнейшем книга дополнялась новыми материалами и издавалась в сотрудничестве с соавторами.

Важной работой Б.М. Трояновского было редактирование двухтомного издания учебника А.В. Щегляева по паровым турбинам, которое он дополнил исследованиями, полученными на кафедре ПГТ после смерти автора.

Активным было и участие профессора Б.М. Трояновского в периодических изданиях. Около 150 статей опубликовано им в крупнейших научных журналах. Много лет он был заместителем главного редактора журнала «Теплоэнергетика» и членом редсовета Энергоатомиздата.



Огромная заслуга Бориса Михайловича заключалась в популяризации и внедрении работ кафедры на заводах (ЛМЗ, ХТГЗ, КТЗ) и в родственных вузах СССР (ЛПИ, ХПИ, МАИ и др.). За свою многолетнюю профессиональную деятельность он объездил с командировками все турбинные заводы в СССР (Ленинград, Харьков, Свердловск, Калуга) и многие ТЭС и ГРЭС, был на энергетических предприятиях и в вузах в Бельгии, Нидерландах, Болгарии, Югославии, ЧССР, Венгрии, ГДР, Японии, Иране. Наряду с командировками на турбинные заводы страны у Бориса Михайловича была постоянная телефонная связь с этими предприятиями. Поэтому в журнале «Теплоэнергетика» выпущено много статей по турбинной тематике. Благодаря настойчивости и давлению профессора Б.М. Трояновского появились следующие издания: «Паровые турбины малой мощности КТЗ» и «Паровые турбины сверхкритических параметров УТМЗ». В этих трудах он был рецензентом.

Благодаря своей высокой научной эрудиции и авторитету Б.М. Трояновский был членом НТС Минэнерго и Минэнергомаша СССР, комиссии по турбинам ГКНТ.

В девяностые годы написан цикл статей в соавторстве с профессорами А.Г. Костюком и А.Д. Трухнем в поддержку необходимости срочного перевода ТЭС России, использующих твёрдое топливо, на суперсверхкритические параметры пара, успешная попытка реализации которого была предпринята в нашей стране ещё в 1960-е гг. XX в.

В 1996 г. по теме «Научные основы создания паротурбинных установок угольных энергоблоков нового

поколения» профессору Б.М. Трояновскому совместно с коллегами А.Д. Трухнием, А.А. Калашниковым, А.Г. Костюком и М.А. Стыриковичем была присуждена премия МАИК «Наука» за лучшую публикацию года.

До последних лет жизни (он умер в 2012 г.) Борис Михайлович оставался активным участником научной деятельности кафедры ПГТ МЭИ, интересовался новыми научными достижениями в области турбостроения и консультировал коллег по широкому кругу вопросов.

Наиболее значимые публикации:

Самойлович Г.С., Трояновский Б.М. Переменные и переходные режимы в паровых турбинах. М.: Энергоиздат, 1982.

Паровые и газовые турбины. Сборник задач / под ред. Б.М. Трояновского, Г.С. Самойловича. М.: Энергоатомиздат, 1987.

Дейч М.Е., Трояновский Б.М. Исследования и расчеты ступеней осевых турбин. М.: Машиностроение, 1964.

Трояновский Б.М. Турбины для атомных электростанций. М.: Энергия, 1978.

Трояновский Б.М., Филиппов Г.А., Булкин А.Е. Паровые и газовые турбины атомных электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1985.

Щегляев А.В. Паровые турбины. М.: Энергоатомиздат, 1993.

Сведения об авторах:

Богомолова Татьяна Владимировна — доктор технических наук, профессор кафедры паровых и газовых турбин им. А.В. Щегляева НИУ «МЭИ», e-mail: BogomolovaTV@mpei.ru

Грибин Владимир Георгиевич — доктор технических наук, заведующий кафедрой паровых и газовых турбин им. А.В. Щегляева НИУ «МЭИ», e-mail: GribinVG@mpei.ru

Information about authors:

Bogomolova Tatyana V. — Dr.Sci. (Techn.), Professor of Steam and Gas Turbines named A.V. Shcheglyayev Dept., NRU MPEI, e-mail: BogomolovaTV@mpei.ru

Gribin Vladimir G. — Dr.Sci. (Techn.), Head of Steam and Gas Turbines named A.V. Shcheglyayev Dept., NRU MPEI, e-mail: GribinVG@mpei.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Статья поступила в редакцию: 16.11.2018

The article received to the editor: 16.11.2018