

РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И МОРСКОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

В МИРЕ ОБЗОР. часть 3 Перспективы развития ГТУ в России

ПАО "НПО "Сатурн":

Окончание. Начало см. в журнале
"Двигатель" 2016 г. №№ 1 и 2

Александр Вячеславович Логунов, главный специалист, д.т.н.,
Максим Николаевич Буров, главный конструктор по перспективным разработкам, к.т.н.,
Денис Викторович Данилов, ведущий инженер-технолог, к.т.н.

Проведен анализ исследовательских и практических работ в мире, направленных на развитие газотурбинного энергетического машиностроения. Рассмотрены мировые достижения в области создания энергетической газотурбинной техники.

The analysis of the world development and practical activities related to gas-turbine power engineering industry has been performed. The world achievements in the sphere of gas-turbine powerplants are considered.

Ключевые слова: Газотурбинные установки, энергетические ГТУ, парогазовые установки, электростанции, топливная эффективность.

Keywords: Gas-turbine units, Electric power generation gas turbines, Combined-cycle gas turbines, Power stations, Fuel efficiency.

Необходимо указать, что в 90-х годах авиационное двигателестроение России оказалось в чрезвычайно тяжелом положении. Дело в том, что во всех странах мира такие отрасли, как авиация, ракетостроение и ряд других развиваются при активном участии государств, правительства которых, способствуя их развитию, тем самым закладывают основы будущей экономики в своих странах.

Более того, учитывая важность именно такой организации работ, европейские государства сегодня утвердили ряд межгосударственных программ, целью которых является создание нового технологического облика будущей экономики.

В России в течение длительного периода работы в этом направлении практически не осуществлялись, что привело в итоге к заметному отставанию, особенно в области создания газотурбинных установок и их применения в энергетике и судостроении.

Следует указать, что почти все авиационные двигателестроительные предприятия России сумели наладить производство газотурбинных установок для нужд Газпрома и министерства энергетики. В частности, сегодня успешно работают созданные в ОАО "НПО "Сатурн" ГТУ на 2-х ТЭЦ в г. Иваново, 1-й ТЭЦ в Москве и ряде других городов.

Однако эти работы являются единичными и их объем, уровень и темпы явно не соответствуют тем показателям, которые характерны для развитых стран мира.

В России остро необходимой становится задача разработки Государственной программы развития газотурбинного двигателестроения с целью создания принципиально нового облика энергетики и соответственно экономики страны в целом. При этом, учитывая, что в России значительная доля добываемой энергии тратится на нужды обогрева, указанная программа должна в качестве специального раздела предусматривать организацию работ по развитию малой энергетики (взамен низкоэффективных котельных, в которых расходуется более 40% добываемого газа).

Сложившаяся в настоящий период в России система использования добываемого газа является архаичной, совершенно несоответствующей современным техническим достижениям.

Действительно, из добываемых в стране в год 650 млрд. м³ газа около 180 млрд. м³ мы продаем за рубеж. Примерно 43 %, т.е. 280 млрд. м³, мы расходуем в газовых котельных с низким КПД (20...25%). При этом 75 % энергии потребляемого в котельных газа (210 млрд. м³) мы выбрасываем в воздух. Около 100 млрд. м³ потребляется ТЭЦ с КПД - 32...35%, т.е. энергия, соответствующая 65 млрд. м³, также уходит в атмосферу. Оставшиеся 90 млрд. м³ продаются населению, причем и здесь газ используется недостаточно эффективно.

Таким образом, даже не учитывая газ, продаваемый населению, мы из 650 млрд. м³ выбрасываем в атмосферу энергию, соответствующую 275 млрд. м³ - это является крайне негативным фактором для государства.

Конечно, тот газ, который сегодня используется в котельных, должен обеспечивать поселки и предприятия не только теплом, но и электроэнергией. А от газа, используемого в ТЭЦ, необходимо получать почти вдвое большее количество энергии.

Следует обратить внимание на современные тенденции создания новых конструкций. В частности, в ОАЭ недавно пущен в эксплуатацию самый высокий в мире небоскреб Бурдж Халифа. Он отличается значительным уровнем потребления электроэнергии. Там вместе с жилыми помещениями находятся спортивные площадки, кино- и концертные залы и т.д. Эту башню подсвечивают 320 мощных прожекторов, лучи которых бьют вверх на 10 км. Самое интересное заключается в том, что вся необходимая для жизни электроэнергия производится самим зданием.

Наши же газовые котельные дают тепло предприятиям и поселкам, но при этом не обеспечивают их электроэнергией, хотя она может и должна приобретаться за счет того же самого используемого газа без увеличения его потребления.

Необходимо обратить внимание на острую потребность организации совершенно иной работы в этом направлении в России, ибо именно в указанном случае может быть в весьма короткие сроки (за 10...20 лет) в 1,6-1,8 раза увеличено производство в стране тепла и электроэнергии практически без увеличения объема добычи углеводородов.

Осуществление этих работ является крайне актуальным именно для России и решение указанных задач должно стать приоритетным для ряда ведущих предприятий страны (это им по силам), а также Правительства Российской Федерации, Минэнерго России и Минпромторга России.

Ускоренное развитие газотурбостроения в России становится остро необходимым еще и потому, что энергетика является государствообразующей отраслью. **Сегодня у нас строящиеся парогазовые установки достаточно активно комплектуются иностранными ГТУ.**

Например, ГТУ-ТЭЦ на площадке ЭС-1 "Центральная" в г. Санкт-Петербурге укомплектована двумя установками фирмы Сименс SGT-800 суммарной мощностью 100 МВт. На Калужской ТЭЦ ОАО "Квадра" установлена ГТУ производства фирмы GE мощностью 30 МВт. На Обнинской ТЭЦ №1 (Рис. 2) начала работать ГТУ фирмы GE LM2500DLE, а установленный электрогенератор произведен фирмой "Brush Electrical Machines Ltd" (Англия).

Таких примеров можно привести, к сожалению, много.

Необходимо четко понимать, что реализация такого подхода (как это хорошо видно сейчас) может в условиях ужесточения действующих или объявления новых санкций развалить энергетику России и просто загубить государство.

Поэтому не зря США, Европа, Китай, Япония и другие страны тщательно следят за тем, чтобы отрасли, определяющие безопасность (в том числе экономическую) государства, комплектовались отечественным оборудованием.

Сегодня Китай, а еще раньше США, развитые европейские страны, если и покупают иностранные образцы, то в безопасных количествах и в основном для того, чтобы на их основе создать собственный новый продукт.

К сожалению, печальный опыт с "Мистральями" нас мало чему научил.

Все это означает, что у нас очень остро стоит вопрос развития ГТУ - энергетики, причем на базе именно отечественной промышленности.

Необходимо указать, что имеющихся в России средств (и кадров) достаточно для решения указанной задачи в течение 3х-4х пятилеток.

В частности, на ОАО "НПО "Сатурн" с учетом современных тенденций развития энергетических ГТУ (рисунок 1) проработана возможность создания двигателя единичной мощностью 350 МВт и более на базе использования опыта производства семейства унифицированных двигателей, а также опыта доводки и эксплуатации энерге-



Рис. 1 Тенденция развития энергетических ГТУ

тического двигателя ГТД-110 [2].

Создание двигателя мощностью более 300 МВт с высокой эффективностью паровой установки в целом (до 60%) связано с применением сложного цикла, при этом температура газа на выходе из ГТД должна быть не меньше 820-875 К (а в перспективе 920 К), что соответствует температуре газа перед рабочим колесом турбины ГТД не менее 1650-1750 К (при $\pi_k = 18..20$) [2].



Рис. 2 - В Калужской области открыта новая электростанция - ГТУ-ТЭЦ №1. Она будет осуществлять комбинированную выработку энергии и тепла

1. Учитывая, что за экономное использование полезных ископаемых государство несет ответственность перед своим народом, последующими поколениями и, исходя из того, что Россия должна соответствовать современному уровню инновационной промышленной политики, должен быть принят указ Президента Российской Федерации (или постановление Правительства Российской Федерации), обязующие предприятия энергетики с 2025 (2035) года эксплуатировать ТЭЦ, тепловые и электрические станции, работающие только в комплексе с ГТУ. При этом нарушение данного указа (постановления) должно наказываться значительными штрафами.

Заметим, что в любом рыночном государстве задача правительства (или президентской команды) заключается в том, чтобы определить и осуществить развитие в наиболее экономически эффективном для государства направлении.

2. Учитывая, что использование тепловых электрических станций и узлов, работающих на жидком и газообразном топливе в комплексе с ГТУ, в настоящий период почти невозможно просто вследствие их практического отсутствия в стране, необходимо разработать и утвердить программу проектирования, испытания, промышленного

производства и монтажа ГТУ различной мощности (включая ГТУ мощностью 300...1000 МВт), необходимых для обеспечения настоящей и будущей потребности их в стране.

Следует указать, что в настоящее время в ОАО "НПО "Сатурн" разработан принципиально новый никелевый монокристалльный жаропрочный сплав СЛЖС-5, предназначенный для рабочих и сопловых лопаток ГТУ, обладающий весьма высокой стойкостью к морской солевой коррозии и отличающийся от отечественных и мировых аналогов наиболее высокой жаропрочностью. Именно на базе использования этого сплава возможно создание нового поколения ГТУ различной мощности, имеющих наиболее высокие в мировой практике показатели эффективности и надежности.

Подобная программа может быть разработана рядом ведущих КБ, обладающих большим опытом проектирования, производства и эксплуатации этих установок, совместно с ИВТАН, ЦИАМ, институтами ЦНИИТМАШ, ЦКТИ, ВТИ, ЭНИН и др. Разработанная программа и проект Постановления должны быть представлены совместно РАН, Минэнерго России, Минпромторгом России в Правительство Российской Федерации в 2016 (максимум - 2017) году.

3. В течение ближайших 3х (5ти) лет необходимо организовать серийное производство, монтаж и запуск ГТУ по согласованным с тепловыми и электрическими станциями заявкам на базе имеющихся в России предприятий Минпромторга и Минэнерго, занимающихся выпуском соответствующего оборудования.

Следует обратить внимание, что именно в этом весьма важном для экономики инновационном направлении Россия обладает высоко оцениваемыми за рубежом опытом, кадрами и предприятиями (авиадвигателестроительными, академическими и работающими в области энергетики), которые способны ускоренно решить эту важную государственную задачу.

В частности в Российской Федерации имеются и работают [1]:

- Три завода для изготовления ГТУ (Ленинградский металлический, Невский и Екатеринбургский заводы);
- 11 авиационных двигательных заводов и 14 авиадвигательных КБ.

В последнее десятилетие в Российской Федерации моторостроительными предприятиями в основном в инициативном порядке проведена большая работа по созданию, отработке и организации производства различных (около 30) моделей ГТУ (список предприятий и созданных новых моделей - в Приложении I).

Напомним, что в 1985 году в Российской Федерации производилось до 70 типоразмеров авиадвигателей в количестве нескольких тысяч штук - именно эти объемы производства и требуется организовать [1].

Организационно-финансовая сторона решения проблемы

Указанная задача может быть решена в том числе за счет денежных средств, предусмотренных федеральной целевой программой "Энергоэффективность и развитие энергетики", утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 № 321.

Следует обратить внимание на то, что в соответствии с указанным Постановлением производственные мощности России по генерации электроэнергии (без учета ГЭС мощностью свыше 25 МВт) возрастут к 2020 году с 235 103 МВт на 14 103 МВт (за счет тепловых электростанций, стр.16 и стр.8), т.е. примерно на 6%. При этом приблизительно на такую же величину возрастет потребность в добыче газа, газового конденсата и нефти.

При реализации же предложенного направления производство тепловой и электрической энергии увеличится примерно на 40%, при этом не понадобятся дополнительные энергоносители - таким образом указанная задача обязательно должна быть решена в России.

При уровне квалификации ученых и специалистов в России в области газотурбинного двигателестроения мы можем производить указанные ГТУ по качеству и в объемах, не уступающих их производству на Западе.

В России с ее огромными просторами крайне актуальным является создание установок малой и большой мощности.

В соответствии с ФЦП "Энергоэффективность и развитие энер-

гетики" только в 2011 году вводились блоки на Южной ТЭЦ-22 (мощностью 450 МВт), на ТЭЦ-26 "Мосэнерго" (мощностью 420 МВт); планируется завершение строительства Ленской ПГУ ТЭС (1200 МВт), Ерковецкой (Амурская обл.) ТЭЦ-1 (700 МВт) и ТЭЦ-2 (4800 МВт) и др., т.е. для них как раз наиболее эффективными могут стать ПГУ мощностью 400-500 МВт.

Предлагается организовать серийное производство и установку новых ПГУ по следующим схемам:

1. Предприятие-заказчик приобретает и устанавливает ПГУ за счет собственных средств, получая в дальнейшем существенную прибыль (увеличенную в ~1,5 раза, т.к. КПД производства тепла и энергии возрастет примерно на 65%, при этом приблизительно на 15% возрастут трудозатраты);

2. Государство за свои средства изготавливает и монтирует по заявкам заказчика новые ПГУ, передавая их в лизинг. После включения ПГУ в работу предприятие из дополнительной прибыли платит государству 20%, а 30% дополнительной прибыли забирает себе. Указанное лизинговое соглашение между государством и предприятием действует до исчерпания ресурса ПГУ.

На указанную схему следует обратить особое внимание, поскольку директора школ, больниц, руководители администрации поселков, в которых стоят газовые котельные, будут говорить, что у них нет денег на ремонт зданий, приобретение компьютеров, медицинского оборудования и т.д., и поэтому они покупать ничего не могут, т.е. решение проблемы может быть просто торпедировано.

Реализуя указанный подход, государство не просто решит важную для него задачу, но и быстро выручит затраченные средства и как полноправный участник рынка будет получать заметную прибыль. Организация такого подхода весьма интересна еще и потому, что таким образом может быть решена и отработана на практике весьма эффективная схема развития государством новых направлений экономики и получения им существенной прибыли, необходимой для решения социальных задач.

Теперь о требуемых средствах.

Учитывая, что в соответствии с постановлением Правительства РФ (от 15.04.2014 г. № 321) суммарная мощность тепловых станций возрастет примерно до 250×10^3 МВт, необходимо изготовить около 2300 установок мощностью по 110 МВт, или эквивалентно данной потребности другое количество ПГУ меньшей мощности. Если указанная работа будет проведена в течение 20 лет, то в год необходимо изготавливать 115 установок типа ПН 110. Указанная задача по силам моторным предприятиям отрасли - в таком (и даже большем) объеме двигатели выпускались в 80х годах прошлого века [1]. При этом количество рабочих мест увеличится на 300-400 тыс., будут подготовлены рабочие и инженерные кадры высшей квалификации.

В работе "Энергетические газотурбинные установки и энергетические установки на базе газопоршневых и дизельных двухтопливных двигателей", часть 1 [3] приведена стоимость 1 кВт мощности газотурбинных установок известных фирм ABB, European Gas Turbines, Fiat, General Electric и др., которая колеблется от \$ 280 до \$ 483. Принимая среднюю стоимость 1 кВт мощности оборудования, равной 380 \$/кВт и считая, что стоимость отечественных установок будет примерно такой же (хотя она должна быть значительно ниже), получим, что для изготовления ПГУ суммарной мощностью 250×10^3 МВт потребуется 5100 млрд. руб. или (при 20-летней программе) 255 млрд. руб. в год.

Стоимость работ по этой программе получается достаточно высокой, однако ее реализация является весьма важной, поскольку даже созданные в течение первых 10 лет установки (половина требуемого количества) произведут за десятилетие энергии (исходя из стоимости 1 кВт в 2015 г. в Москве равной 4 руб/кВт и при работе ПГУ в течение 10 часов в сутки) на 14000 млрд. руб., т.е. дадут прибыль почти в 3 раза больше.

Таким образом, разработка и реализация такой программы является не только возможной, но и крайне необходимой.

Следует указать, что в программу должны быть включены работы по созданию нового поколения металлургического, литейного и металлообрабатывающего оборудования, в том числе:

- вакуумно-индукционные, электроннолучевые или вакуумно-дуговые печи для производства слитков весом до 10 т.;
- печи для нагрева заготовок дисков, обеспечивающие температуру до 1400°C и имеющие рабочее пространство (длину и ширину) до 2,5-3,0 м;
- прессы для изотермической деформации (усилием до 15 тыс. т), раскатные станы для получения заготовок дисков диаметром до 2,5 м;
- установки для литья лопаток из жаропрочных сплавов с монокристаллической структурой длиной до 800 мм.

Нужно отметить, что появление в России такого оборудования сделает ее экономику в ряде важнейших направлений хозяйственной деятельности отвечающей самым высоким показателям и способной обеспечить производство для экспорта наукоемкой продукции мирового уровня.

Даже после завершения программы развития ПГУ в России созданные для ее реализации уникальное промышленное и опытное производство, плавильное, литейное, кузнечно-штамповочное и механообрабатывающее оборудование окажутся остро востребованными для:

- изготовления авиационных газотурбинных двигателей с целью их широкого применения в пассажирском авиатранспорте. **В 80-е годы прошлого века объем транспортных авиаперевозок, осуществляемых самолетами, производимыми в СССР, составлял около 20% мировых, а сегодня - менее 1%.** Россия с ее огромными расстояниями остро нуждается в воздушном транспорте, обеспечивающем быстрые и одновременно дешевые и надежные перевозки;
- производство новых поколений комбинированных ПГУ с современными топливными элементами, термоэлектрогенераторами, жидким и газообразным топливом, полученным на основе переработки угля и т.д. Все это позволит существенно расширить базу используемых источников тепла и одновременно довести КПД их применения до 80...85%;
- продажи высокотехнологической инновационной продукции за рубеж, поскольку эпоха использования ПГУ для развития энергетики в целом находится в мире на начальном этапе.

Фирма GE неоднократно с гордостью сообщала, что 25% всех используемых в мире ПГУ созданы этой корпорацией. Хочется выразить надежду, что через определенное время российские двигателестроительные предприятия также смогут говорить о том, что более 20% всех ПГУ, используемых в мире, созданы в России.

Блестящая работа в этом направлении Росатома должна являться примером и для двигателестроителей. 

Литература

1. О.Н. Фаворский. ПГУ - основы ведущей энергетики России // Двигатель. 1999. № 6. С.26-29.
2. Кузменко М.П., Бузов М.Н., Кривоногов А.Р., Журавлев П.Н. Создание семейства энергетических ПГУ мощностью до 300 МВт на базе научно-технического задела ОАО "НПО "Сатурн" // Газотурбинные технологии. 2012. №1 (102). С 2-5.
3. Семенов В.Г. Дубенец В.С, Ольховский Г.Г., Черваков В.В., Тутухин Л.А., Даниленко О.В. и др. Энергетические газотурбинные установки и энергетические установки на базе газопоршневых и дизельных двухтопливных двигателей", часть 1 // xlg3.ru/files/upload/general/780/576/energo.pdf / отчет, Москва / , 2004 г. 127 с.

Связь с авторами: danilov_d.v@rambler.ru

Приложение 1
Новые газотурбинные установки России (состояние работ) [1]

Тип	Разработчик	Состояние разработки			
		Проект	ОКР	Опытный экземпляр	Серийное производство
ЭТВ-0-100	Омское МКБ	+			
ЭТВД-10Б	Омское МКБ	+			
ЭВСУ-10	Омское МКБ	+			
МЭУДСП-1	ГУП "Завод им. В.Я. Климова"	+			
ГТЭ-1500	ГУП "Завод им. В.Я. Климова"			+	
ГТЭ-2500	ГУП "Завод им. В.Я. Климова"			+	
Озон-1	НПО "Сатурн"		+		
Мини-ТЭЦ-2,5	НПО "Сатурн"			+	
ГТУ-6	НПО "Сатурн"			+	
ГТУ-6 ЭСТЭ	НПО "Сатурн"	+			
АЛ-31СТЭ	ОАО "А. Люлька-Сатурн"			+	
ГТУ-2,5П	ОАО "Авиадвигатель"				+
ГТУ-4П	ОАО "Авиадвигатель"				+
ГТУ-12П	ОАО "Авиадвигатель"			+	
ГТУ-16П	ОАО "Авиадвигатель"			+	
ГТУ-25ПЭ	ОАО "Авиадвигатель"		+		
ГТУ-65П	ОАО "Авиадвигатель"		+		
НК-12СТ-6,3	ОАО "СНТК"				+
НК-14СТ	ОАО "СНТК"			+	
НК-36СТ-Э	ОАО "СНТК"				+
НК-39	НПП "Труд"			+	
НК-91	НПП "Труд"			+	
НК-37	НПП "Труд"			+	
ГТУ-95/12	НПО "Мотор"			+	
ГРУ-55СТ-20	ЦИАМ. Тураевское МКБ "Союз"				+
ГТУ-89-СТ20	МКБ "Гранит"			+	



12-й МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ – ОСНОВА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

проводится в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 апреля 2014 г. № 541-р

17-19 мая '2016

Москва Павильон
ВДНХ №69

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ
ВЫСТАВКИ

ДИРЕКЦИЯ ФОРУМА

129223, Москва, а/я 35. ул. Искры, д. 31

Тел./Факс: +7 (495) 937-40-23 (многоканальный)

E-mail: metrol@expoprom.ru • www.metrol.expoprom.ru

ОРГАНИЗАТОР

Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России) и Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

СОДЕЙСТВИЕ

Правительство Российской Федерации
Торгово-промышленная палата Российской Федерации

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПАРТНЕРЫ

The International Bureau of Weight and Measures (BIPM)
International Organization of Legal Metrology (OIML)
Euro-Asian Cooperation of National Metrology Institutions (COOMET)

С ЭКСПОЗИЦИОННЫМ УЧАСТИЕМ

Минпромторг России, Росстандарт, Ростехнадзор, МВД России, ГК «Ростом», ГК «Ростехнологии», ОАО «Росатом», ОАО «РЖД», АО «КРЭТ»

КОНКУРСНАЯ КОМИССИЯ

ФБУ «Ростест-Москва»



УСТРОИТЕЛЬ И ВЫСТАВОЧНЫЙ ОПЕРАТОР

Компания «Вострой Экспоз»

ПРОГРАММА ФОРУМА

- 12-я выставка средств измерений и метрологического обеспечения «METROLEXPO-2016»
- 5-я выставка промышленного оборудования и приборов для технической диагностики и экспертизы «CONTROL&DIAGNOSTIC-2016»
- 5-я выставка технологического и коммерческого учета энергоресурсов «RESMETERING-2016»
- 4-я выставка аналитических приборов и лабораторного оборудования промышленного и научного назначения «LABTEST-2016»
- 4-я выставка программного обеспечения и оборудования для промышленной автоматизации «PROMAUTOMATIC-2016»
- Первый Всероссийский Съезд метрологов и приборостроителей
- Всероссийская выставочно-конкурсная программа «ЗА ЕДИНСТВО ИЗМЕРЕНИЙ»

Стратегический партнер форума



Генеральный партнер форума



Генеральные информационные партнеры

