

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

*Зверев Л.О., Морозов Г.А.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных  
технологий и дизайна, г. Санкт-Петербург*

**Ключевые слова:** газотурбинные установки (ГТУ), энергетика, газовая турбина, энергоблок, энергетические технологии.

**Аннотация.** За последние десятилетия многие страны задумались о том, что топливо для традиционных источников энергии могут закончиться гораздо раньше, чем рассчитывалось, в связи с тем, что их потребление растет с каждым годом. Это дало серьезный толчок развитию технологий, которые будут являться менее энергоемкими. В топливно-энергетическом балансе всех стран газ играет очень важную роль. Высокоэффективность энергетических ресурсов обеспечивается за счёт применения газотурбинных технологий, которые на сегодняшний день достигли высокого уровня развития. Россия обладает потенциалом в области газотурбиностроения.

Основное направление, по которому идет развитие газотурбиностроения - это увеличение экономичности газотурбинных установок (ГТУ). Это может достигаться путем повышения температуры и давления газа перед газовой турбиной.

В данной работе проведен анализ перспектив развития ГТУ для энергетики в России.

## PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF DOMESTIC GAS TURBINE POWER PLANTS

*Zverev L.O., Morozov G.A.*

*Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,  
St. Petersburg*

**Keywords:** gas turbine plants (GTU), power engineering, gas turbine, power unit, power technologies.

**Abstract.** Over the past decades, many countries have thought that traditional energy sources may end much earlier than calculated, due to the fact that their consumption is growing every year. This gave a serious impetus to the development of technologies that will be less energy intensive. Gas plays a very important role in the fuel and energy balance of all countries. The high efficiency of energy resources is ensured through the use of gas turbine technologies, which have reached a high level of development today. Russia has a potential in the field of gas turbine construction.

The main direction in which the development of gas turbine engineering is going is to increase the efficiency of gas turbine units (GTU). This can be achieved by increasing the temperature and pressure of the gas upstream of the gas turbine.

This paper analyzes the prospects for the development of gas turbines for power engineering in Russia.

В топливном балансе России доля газа составляет примерно 50%. Именно поэтому перспективным является внедрение в энергетику установок с парогазовым циклом. Актуальность этого направления будет возрастать, так увеличивается доля газа в мировом топливном балансе при одновременном росте новых генерирующих мощностей. Если в 1965 году общая мощность газовой

генерации в мире составляла 0,11 ТВт, а в 2015 году – около 1,29 ТВт, то к 2035 и 2070 годам она достигнет 2,49 и 4,38 ТВт соответственно, то есть рынок газотурбинных энергетических технологий станет одним из самых быстрорастущих в мировом энергомашиностроении. Линейный прогноз видов генерации в мировом топливном балансе представлен на рисунке 1 [1].

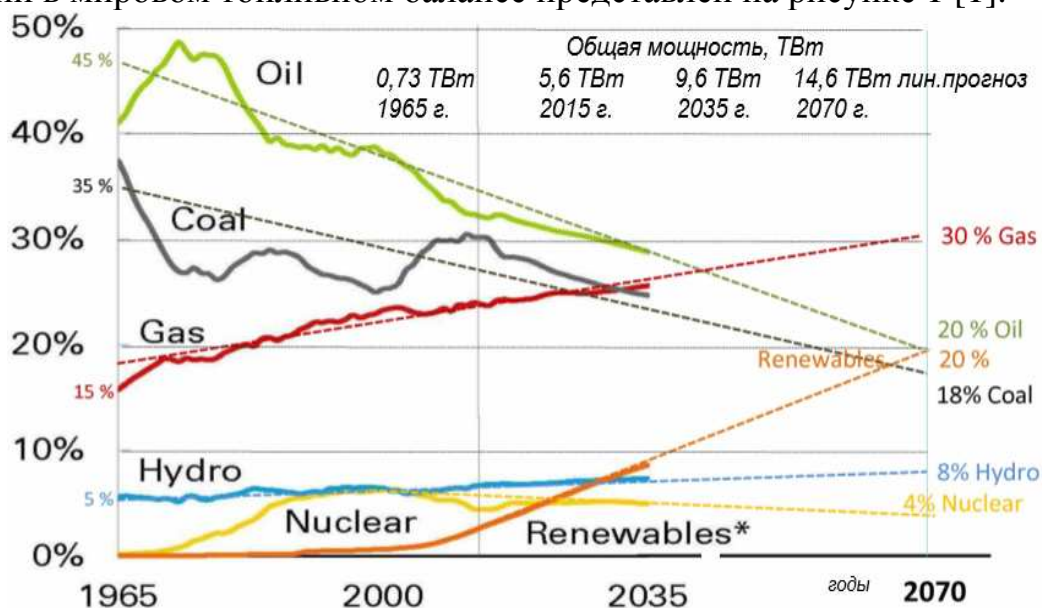


Рис. 1. Линейный прогноз доли видов генерации в мировом топливном балансе

Россия обладает опытом создания и применения газовых турбин большой мощности. В 1960–1970-е годы на Ленинградском металлическом заводе разработали и внедрили рекордную по мощности (100 МВт) газовую турбину ГТ-100. В последние десятилетия отечественные энергомашиностроители освоили производство лицензионных газовых турбин Е-класса мощностью 160 МВт, разработали и испытали в условиях станции газовую турбину ГТ-65, предложили проекты турбин мощностью 180 МВт (ЛМЗ – ОАО "Авиадвигатель") и 170, 300 МВт (ПАО "Силовые машины").

В конце 2000-х годов в России развернулась масштабная работа по реконструкции действующих и строительству новых энергоблоков, которая осуществлялась по договорам о поставке мощности (ДПМ). В результате 12% электроэнергии России вырабатывается на станциях, где установлены зарубежные газовые турбины большой мощности и парогазовые установки на их основе, что создаёт существенные риски для энергобезопасности страны. Эта проблема обостряется на фоне санкционной и запретительной политики западных стран, которая проявилась при поставках газовых турбин в Крым [1].

Ещё одна угроза надёжному функционированию энергетической сферы страны – технологическая монополизация рынка мощных (более 300 МВт) газовых турбин. Разработчиками и производителями таких установок являются только три компании – General Electric (США), частью которой стала Alstom, Siemens (Германия) и Mitsubishi Heavy Industries (Япония).

Газотурбинным технологиям отводится особая роль в развитии перспективной энергетики. В течение ближайших десятилетий будет осуществляться переход от моноцелевых монотопливных электростанций к многоцелевым многотопливным энергохимическим комплексам, ключевым

элементом которых станут газовые энергетические турбины большой мощности с высоким уровнем температуры на входе. В этих условиях отечественное энергомашиностроение должно располагать газовыми турбинами и парогазовыми установками, способными обеспечивать энергоэффективность и энергобезопасность российской энергетики и конкурировать на мировом энергетическом рынке [2].

За последние 50 лет в области газотурбостроения произошли существенные перемены. Единичная мощность турбоагрегатов выросла со 100 до 500 МВт, коэффициент полезного действия парогазовых установок на их базе достиг 62%. Для J-класса температура на входе может достигать 1700°C. Поскольку входной барьер в газотурбинные технологии достаточно высокий, необходимы крупные инвестиции в опытно-конструкторские работы на этапе разработки оригинального продукта, современная технологическая база и сервисная служба.

Учитывая высокую актуальность создания мощных энергетических газовых турбин и их важность для безопасности и экономики страны, необходимо сформировать и реализовать комплексную научно-техническую инвестиционную программу (национальный проект) по разработке и освоению отечественных газотурбинных энергетических технологий. Она должна опираться на передовые фундаментальные исследования и прикладные работы, что позволит в сжатые сроки выйти на мировой уровень газотурбинных энергетических технологий. Фундаментальные исследования необходимо сосредоточить в первую очередь на получении новых знаний в области аэродинамики различных узлов газовой турбины. Это даст возможность полно описать аэродинамические условия в компрессоре, камере сгорания и турбине, в системах охлаждения на базе верифицированных кодов и программных комплексов. Другое направление фундаментальных исследований касается изучения физико-химических и теплофизических процессов в камерах сгорания, в том числе при использовании низко- калорийного синтез-газа с добавлением водорода и применении мембранных технологий. Создание газовых турбин нового поколения, способных работать при температуре 1700°C, требует разработки перспективных материалов, включая керамические, и функциональных покрытий для элементов горячего тракта, а также использования аддитивных технологий. Для уменьшения финансовых и временных затрат необходимо развивать методы решения связанных (мультидисциплинарных) задач и сквозного суперкомпьютерного проектирования, что обеспечит испытание и доводку газовой турбины большой мощности в виртуальном пространстве.

Поузловые научно-исследовательские, опытно-конструкторские работы и стендовые испытания диктуют необходимость участия в программе отраслевой науки и высокотехнологичных компаний энергомашино- и авиадвигателестроения. Надёжность эксплуатации мощных газовых турбин должна обеспечиваться системой автоматического управления, мониторинга и диагностики, построенной на базе динамических математических моделей, специальных алгоритмов и компьютерных технологий. При изготовлении деталей и заготовок газовых турбин (лопаток, дисков, ротора и т.п.) следует опираться на перспективные металлургические технологии, разрабатываемые

высокотехнологичными компаниями в кооперации с академической, вузовской и отраслевой наукой. Широкое сотрудничество научных, производственных и эксплуатирующих организаций требуется также при решении проблем, связанных с эксплуатацией, сервисом и восстановительным ремонтом перспективных газовых турбин [4].

#### **Список литературы**

1. Фортов В.Е., Попель О.Н. Энергетика в современном мире. – Долгопрудный: Изд. дом "Интеллект", 2011. – 167 с.
2. Каталог газотурбинного оборудования. – М., 2006. – 240 с.
3. Филиппов С.П., Дильман М.Д. ТЭЦ в России: необходимость технологического обновления // Теплоэнергетика. 2018. №11. С. 1-18.
4. Ольховский Г.Г., Тумановский А.Г. Теплоэнергетические технологии в период до 2030г. // Известия РАН. Энергетика. 2008. №6. С. 79-94.

#### **Сведения об авторах:**

*Зверев Леонид Олегович* – студент, СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург;

*Морозов Григорий Алексеевич* – ассистент кафедры «Теплосиловые установки и тепловые двигатели» СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург.