

УДК 629.5.01

Романов В.В., Раимов Р.И., Черный Г.В.

**НОВЫЕ ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ МОЩНОСТЬЮ 45 И 60 МВт
РАЗРАБОТКИ ГП НПКГ "ЗОРЯ"- "МАШПРОЕКТ"
И ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ
НА ИХ ОСНОВЕ В ЭНЕРГЕТИКЕ УКРАИНЫ**

ГП НПКГ "Зоря"- "Машпроект", Украина, Николаев

Сегодня максимальная экономия энергетических ресурсов и их эффективное использование являются одними из самых важных составляющих строительства системы энергетической безопасности Украины. Прогнозируемый в ближайшие годы рост цен на топливные ресурсы и, прежде всего, природный газ – делает проблему эффективности энергетической установки требованием времени. Другой важнейшей проблемой является маневренность энергосистемы, возможность погашения пиков суточных и сезонных нагрузок. Нехватка высокоманевренных и пиковых мощностей стала одной из главных проблем энергетики нашей страны. Еще одной важнейшей задачей для Украины является решение проблемы экологической безопасности ее граждан. Необходимый прирост населения, снижение общего уровня заболеваемости, обеспечение увеличения трудоспособного возраста для граждан необходимы для динамичного развития страны в 21 веке.

Внедрение новых высокоманевренных энергетических установок с высоким коэффициентом полезного действия позволит решить проблему максимальной экономии энергетических ресурсов, регулирования мощности энергосистемы Украины и создания системы экологической безопасности. Сохранение себестоимости произведенной электроэнергии при увеличении ее выработки позволит обеспечить стабильность ценовых показателей для промышленности и населения страны. Сегодня во всем мире наиболее привлекательным направлением создания новых энергетических установок является использование газотурбинных технологий.

Газотурбинные двигатели (газовые турбины) и созданные на их основе когенерационные и парогазовые установки на сегодняшний день являются одним из наиболее перспективных направлений создания высокоэффективных, высокоманевренных и экологически чистых установок для энергетики.

В период 2003–2005 годы Государственным предприятием Научно-производственным комплексом газотурбостроения "Зоря"- "Машпроект" (г. Николаев, Украина) разработаны две новые газотурбинные установки для энергетики мощностью 45 МВт (ГТЭ-45) и 60 МВт (ГТЭ-60). Установки предназначены для использования в составе как вновь проектируемых, так и реконструируемых тепло и электростанций различной мощности.

Основные технические показатели газотурбинных установок приведены в таблице 1.

Установки соответствует лучшим аналогам таких ведущих мировых фирм как General Electric, MAN, Alstom - как по техническим, так и по экономическим показателям. Сравнительный анализ украинских и зарубежных аналогов приведен в ежегодном каталоге «Gas Turbine World» (таблица 2).

Таблиця 1

	ГТЭ-45	ГТЭ-60
Мощность электрическая (на клеммах генератора), МВт	45	60
Температура газа за камерой сгорания, °С	1275	1295
Степень повышения давления в компрессоре	14,1	18,1
КПД, отнесенный к мощности на клеммах генератора, %	34,7	37,0
КПД в условиях ISO 2314, отнесенный к мощности на выходном валу ГТД, %	36,3	38,8
Расход воздуха на входе в компрессор, кг/с	134,3	170,4
Частота вращения ротора турбины, об/мин	3960	4320
Частота вращения выходного вала редуктора, об/мин	3000	3000
Температура газов на выходе из ГТД, °С	545	517

Таблиця 2

Модель ГТД	Фирма изготовитель	Мощность (ISO), кВт	КПД (ISO), %	Цена, тыс.долл. США	Цена за 1 кВт мощности, долл.США
ГТЭ-45	ГП НПКГ "Зоря"- "Машпроект"	47700	36,1	8400	176
ГТЭ-60		63500	38,8	9150	144
GTX100	Alstom	43000	37,0	11830	275
FT8 Twin	Man Turbomaschinen	51350	38,4	14800	287
LM6000PD	GE Aero Energy Products	42330	41,1	10200	241
GT8C2	Alstom	57000	33,8	16100	281

Сравнивая технические и ценовые показатели газотурбинных установок различных фирм, следует обратить внимание на то, что при сохранении уровня технических показателей украинских газотурбинных установок ГТЭ-45 и ГТЭ-60, цена за единицу производимой мощности в 1,5...1,7 раза ниже, чем у их зарубежных аналогов.

Необходимо отметить еще ряд важнейших факторов, которые могут быть положительно оценены потенциальным Заказчиком.

Одним из важнейших показателей, является маневренность газотурбинной установки, позволяющая использовать ее в режиме погашения пиковых нагрузок. Время пуска и выхода на режим номинальной мощности ГТЭ-45 и ГТЭ-60 не превышает 30 минут. Время остановки с режима номинальной мощности до полного снятия нагрузки не превышает 30 минут. Работа в пиковом классе использования на сегодняшний день, да и в будущем, будет востребована на территории Украины.

Другим важнейшим показателем, без которого не может существовать современная техника, являются показатели экологической безопасности. Установки ГТЭ-45 и ГТЭ-60 по своим экологическим показателям соответствуют лучшим мировым анало-

гам. Уровень эмиссии окислов азота (NO_x) не превышает 50 мг/м^3 . Этот показатель экспериментально подтвержден на испытательном стенде в научно-исследовательской лаборатории предприятия. Комплексная система шумоглушения обеспечивает уровень шума не более 80 ДБа. Такие показатели позволяют размещать газотурбинные установки непосредственно в городской черте, что особенно важно при реконструкции ранее действующих ТЭЦ и ТЭС.

Предлагаемые газотурбинные установки ГТЭ-45 и ГТЭ-60 специально спроектированы для работы в составе когенерационных или парогазовых установок - температура выхлопных газов для подачи в котел-утилизатор составляет соответственно 547 и 517 °С.

Основой установки является новый газотурбинный двигатель (ГТД), разработки ГП НПКГ "Зоря"- "Машпроект". При проектировании ГТД, использовался опыт ГП НПКГ "Зоря"- "Машпроект" по созданию газотурбинной установки ГТЭ-110 мощностью 110 МВт и учитывался опыт создания и эксплуатации других установок. Первый блок ПГУ мощностью 325 МВт с двумя серийно изготовленными ГТД-110 смонтирован на ИвГРЭС (г. Комсомольск, Ивановская область, Россия).

Конструктивно газотурбинный двигатель, используемый в газотурбинных установках ГТЭ-45 и ГТЭ-60, выполнен на единой раме, и имеет следующие габариты: 5,6 м – в длину, 3,3 м – в ширину, 3,5 м – в высоту (рис. 1).

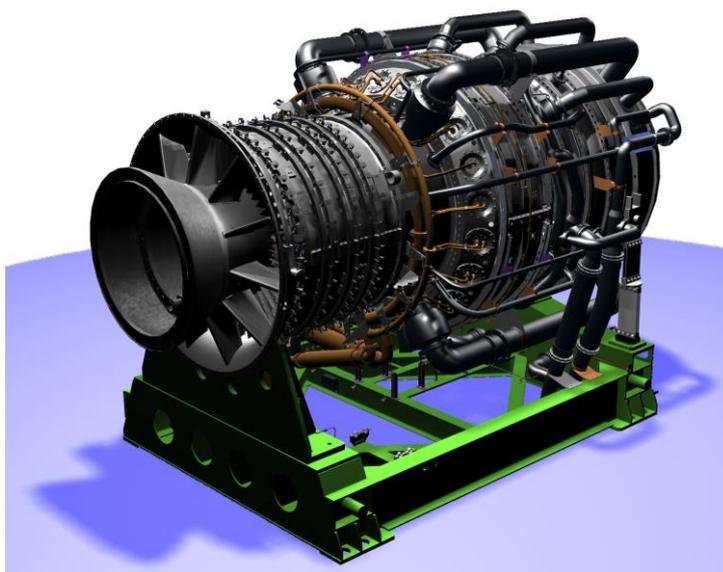


Рисунок 1 – Общий Вид ГТД-60, разработки "Зоря"- "Машпроект"

Масса газотурбинного двигателя в сборе – не превышает 30 тонн. Моноблочная конструкция, небольшие габариты и масса двигателя позволяют его испытывать в собранном виде и предъявлять Заказчику на заводском испытательном стенде, что невозможно для промышленных энергетических турбин. Значительно упрощается процесс замены двигателя в эксплуатации. Обеспечивается возможность транспортирования его любым видом транспорта.

Газотурбинный двигатель состоит из следующих узлов (рис. 2):

– пятнадцатиступенчатого компрессора, служащего для сжатия и подачи сжатого воздуха на горение;

- камери сгорання, с двадцатью жаровыми трубами, в которую подается топливо и организуется процесс горения;
- четырехступенчатой турбины, в которой вырабатывается полезная мощность.

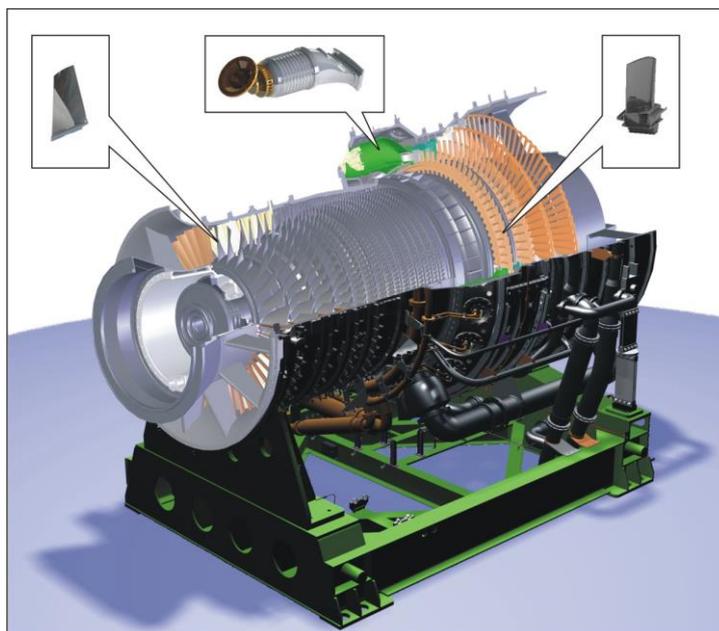


Рисунок 2 – Основные узлы ГТД-60

Ротор двигателя – диско-барабанного типа, с установленными на нем рабочими лопатками компрессора и турбины. Рабочие лопатки выполнены из титановых и жаропрочных никелевых сплавов.

Газотурбинная энергетическая установка (рис. 3) состоит из газотурбинного двигателя, электрогенератора, редуктора, оборудования и систем, необходимых для ее функционирования – системы смазки, топливной системы, системы охлаждения и других систем.

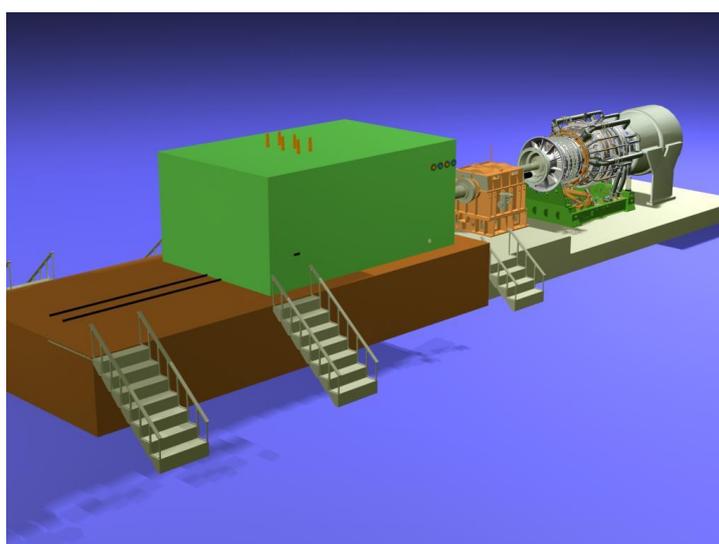


Рисунок 3 – Газотурбинная энергетическая установка на основе ГТД-60

Газотурбинний двигатель и редуктор размещены в теплозвукоизолирующих контейнерах.

Рядом с ГТД расположен маслобак, обеспечивающий подачу масла к двигателю, редуктору и генератору, блок топливных агрегатов газообразного топлива, обеспечивающий подачу и регулирование расхода топлива на всех режимах.

Воздух к входной улитке ГТД подается по воздуховоду от комплексного воздухоочистительного устройства, расположенного у машинного зала.

Такая блочная компоновка позволяет значительно снизить затраты на капитальное строительство и уменьшить его продолжительность. Оборудование можно размещать как и в уже существующих капитальных сооружениях, так и в сооружениях из легкокорборных металлических панелей, что значительно снижает стоимость необходимого капитального строительства, и естественно, весьма привлекательно для любого инвестора.

Возможность гибкой компоновки оборудования позволяет максимально эффективно использовать существующие инженерные сети и сооружения, а также уменьшать площадь занимаемой территории и создавать оптимальную схему непосредственно для каждого объекта.

На базе ГТЭ-60 ГП НПКГ "Зоря"- "Машпроект" разработан ряд парогазовых установок различной мощности. Парогазовые установки ПГУ-85 мощностью 85 МВт и ПГУ-170 – мощностью 168 МВт имеют коэффициент полезного действия не ниже 52 %. Параметры ПГУ приведены в таблице 3.

Таблица 3

Наименование параметра	ПГУ-85	ПГУ-170	ПГУ-220	
			Конденсационный режим	Теплофикационный режим
Электрическая мощность ПГУ, МВт	83,8	167,6	227,3	196,8
КПД ПГУ в условиях станции, %	52,1	52,1	44,5	67,6
Количество ГТЭ-60	1	2	1	
Количество паровых турбин	1x К-25	1x К-25	1 x К-150-130	
Мощность паровой турбины, МВт	25,0	50	168,5	138,0
Удельный расход условного топлива на выработку эл.энергии, гут/кВт.ч	235,8	235,8	275,6	226,0
Удельный расход условного топлива на выработку тепла, гут/Гкалл	-	-	-	142,8

Следует отметить, что для Украины наиболее оптимальным является вариант с использованием газотурбинной установки ГТЭ-60 в качестве газотурбинной надстройки к существующим паросиловым блокам ТЭЦ или ТЭС. Привлекательность такого способа повышения мощности и экономичности паросилового блока состоит в том, что используется существующее оборудование с минимальной его модернизацией. При этом мощность тепловой электростанции повышается на 25–30 %, а ее экономичность на 18–20 %. Предлагаемая схема модернизации существующих паросиловых блоков позволяет минимизировать затраты и сократить время реконструкции теплоэлектростанции. Немаловажным фактором является и то, что для размещения оборудования не

нужны значительные дополнительные площади, что позволяет реконструировать теплоэлектростанции в черте города, где практически невозможен отвод дополнительной земли.

ГП НПКГ "Зоря"- "Машпроект" уже имеет успешный опыт модернизации паросиловых блоков Березовской ГРЭС (г. Белоозерск, Брестская область, Беларусь). В период июль 2003–декабрь 2004 г. на электростанции были установлены и введены в эксплуатацию в качестве газотурбинной надстройки существующих котлов ПК-38Р – 4 газотурбинных установки ГТЭ-25 (мощность 25 МВт каждая) ГП НПКГ "Зоря"- "Машпроект". Мощность ГРЭС увеличилась с 330 до 420 МВт, а суммарный расход топливного газа вырос только на 5 %. Удельный расход условного топлива снизился с 370 грамм условного топлива на кВт*час до 307 гут/кВт*час.

В качестве примера такой модернизации с использованием газотурбинной установки ГТЭ-60 в таблице 3 приведены показатели парогазовой установки ПГУ-220 мощностью 220 МВт.

В парогазовой установке ПГУ-220 газотурбинная установка ГТЭ-60 используется для повышения экономичности блока в качестве газотурбинной надстройки к существующему котлу типа ТП-90, паропроизводительностью 500 т/ч, который входит в состав паросилового блока мощностью 150–160 МВт. В качестве пилотного проекта - принято действующее основное оборудование (котлоагрегат и паровая турбина) паросилового блока мощностью 150 МВт Приднепровской тепловой электростанции (ПД ТЭС), на которой находятся в эксплуатации четыре блока мощностью 150 МВт, установленные в 1958–1961 годах. В 1981–1987 годах блоки модернизированы – конденсационные турбины типа К-150-130 переведены в теплофикационный режим.

Проведенные расчеты, показывают, что удельный расход условного топлива энергетических установок на базе ГТЭ-60 для выработки электроэнергии составляет 275,6 грамм условного топлива на кВт*час, что на 37,5 % ниже существующего на сегодня уровня – 379 гут/кВт*час. Это свидетельствует о целесообразности предлагаемой реконструкции станции в условиях возрастания цен на топливные ресурсы.

В заключение, хотелось бы еще раз отметить исключительные достоинства газотурбинных и парогазовых энергетических установок:

- высокая экономичность. КПД нового блока не ниже 50 %, КПД реконструируемого блока ПГУ около 40 %;
- высокая маневренность и тепловая эффективность. Время пуска с выходом на номинальную мощность составляет не более 30 минут, а в экстренных случаях – до 10 мин;
- продолжительность строительства от начала до ввода в эксплуатацию не превышает двух лет, а срок окупаемости составляет 4–6 лет, что весьма привлекательно для любых субъектов инвестирования;
- возможность размещения в черте города за счет высоких экологических показателей и отсутствия необходимости отвода земли.

Создание системы энергетической безопасности Украины на базе газотурбинных технологий является важнейшим фактором стабильности жизни граждан и процветания государства.

Литература

1. Романов В.В., Чернов С.К., Раимов Р.И. К вопросу о применении газотурбинных технологий как одной из составляющих создания системы энергетической без-

опасности Украины. // Ежеквартальный научно-технический журнал "Интегрированные технологии и энергосбережение" №2.– 2006.– С. 131–139.

2. Романов В., Чернов С., Раимов Р. Газотурбинные технологии как одна из составляющих эффективного использования энергоресурсов Украины и создания системы энергетической безопасности государства. // Энергетическая политика Украины. – 2006. – №3–4 – С. 84–91.

3. Борисов Н. Реконструкция ТЭС в Украине: планы и потребности // Энергетическая политика Украины. – 2003. – №12. – С. 82–84.

4. Баталов А., Салимон В. Баланс интересов. О проблеме дефицита высокоманевренных регулирующих мощностей в ОЭС Украины // Энергетическая политика Украины. – 2004. – №6. – С. 54–57.

5. Литвинский Л. Стратегия развития ядерной энергетики в Украине на период до 2030 года и дальнейшую перспективу // Энергетическая политика Украины. – 2003. – №9. – С. 10–15.

6. Дуброва И. Стройки века//Энергетическая политика Украины. – 2004. – №10.– С. 68–70.

7. Романов В., Склярский Д. Премьера николаевских энергоустановок // Энергетическая политика Украины. – 2004. – №2. – С. 80–82.

8. Романов В., Раимов Р., Захаров С. Газотурбинные установки для повышения эффективности и маневренности энергетики Украины // Энергетическая политика Украины. – 2005. – №4.–С. 76–81.

9. Романов В., Чернов С., Раимов Р. Газотурбинные и парогазовые установки для энергетики как основа обороноспособности каждого государства // Военный парад. – 2006. – №2 (73).–С. 82–85.

УДК 629.5.01

Романов В.В., Раїмов Р.І., Чорний Г.В.

НОВІ ГАЗОТУРБІННІ УСТАНОВКИ ПОТУЖНІСТЮ 45 И 60 МВт РОЗРОБКИ ГП НПКГ "ЗОРЯ"- "МАШПРОЕКТ" І ВИСОКОЕФЕКТИВНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ НА ЇХНІЙ ОСНОВІ В ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ

Проведено розрахунки, щодо витрат умовного палива енергетичних установок для вироблення електроенергії. Доведено, що ці витрати на 37,5 % нижче існуючого на теперішній час рівня. Це свідчить про доцільність запропонованої реконструкції станції в умовах зростання цін на паливні ресурси.