

# ГЛАВА 2

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

### РАЗДЕЛ 6

#### Техническое описание ГТУ

1. ЭГ 1000МС(Т), 1,0 МВт, Мотор Сич	259
2. ТВЗ-137, 1,0 МВт, Мотор Сич	259
3. ПАЭС 1000Г, 1,2 МВт, Мотор Сич	259
4. ТВЗ-237АГ, 1,2 МВт, Мотор Сич	259
5. М1А-13Х, 1,43 МВт, Kawasaki	263
6. GPB15X, 1,43 МВт, Kawasaki	263
7. М1А-13D, 1,49 МВт, Kawasaki	263
8. GPB15D, 1,49 МВт, Kawasaki	263
9. ПАЭС-2500, 2,5 МВт, Мотор Сич	267
10. АИ-20-ДМЭ (ДМН), 2,5 МВт, Мотор Сич	267
11. ЭГ-2500-М, 2,5 МВт, Мотор Сич	267
12. ГТЭ-МС-2,5 (АИ-2500-М), 2,5 МВт, Мотор Сич	267
13. ПАЭС-2500-2,5Д, 2,5 МВт, Мотор Сич	267
14. ГТЭ-МС-2,5Д, 2,5 МВт, Мотор Сич	267
15. SGT-100-1S (Typhoon), 5,4 МВт, Siemens	275
16. SGT-100-2S (Typhoon), 5,6 МВт, Siemens	275
17. ГТУ ТЭС-10,8 Пулковое (СПб), 10,8 МВт, ЭК Прогресс	275
18. SGT-400 (Cyclone), 12,9 МВт, Siemens	280
19. SGT-400 MD (Cyclone), 13,4 МВт, Siemens	280
20. SGT-400 модифицированная, 14,4 МВт, Siemens	280
21. SGT-400 MD модифицированная, 14,9 МВт, Siemens	280
22. ГТЭ-16, 16 МВт, РЭП Холдинг	284
23. Т16, 16 МВт, РЭП Холдинг	284
24. ГТУ НК-16СТМЭ, 18 МВт, КМПО	287
25. ГТУ НК-16СТМ, 18 МВт, КМПО	287
26. ГТЭ-22/25, 22/25 МВт, РЭП Холдинг	292
27. Т25, 22/25 МВт, РЭП Холдинг	292
28. ГТН-25-1, 25 МВт, УТЗ	295
29. L30A, 30,1 МВт, Kawasaki	303
30. GPB300, 30,1 МВт, Kawasaki	303
31. GPB300D, 30,1 МВт, Kawasaki	303
32. ГТЭ-25У, 31,4 МВт, УТЗ	295
33. FT4000 SwiftPac 60, 60 МВт, PW Power Systems	307
34. FT4000, 70 МВт, PW Power Systems	307
35. GT-13D, 78 МВт, Alstom	312
36. GT-13D3A, 92 МВт, Alstom	312
37. Н-80, 97,7 МВт, Hitachi	316
38. FT4000 SwiftPac 120, 120 МВт, PW Power Systems	307
39. SGT5-4000F (V94.3A), 307 МВт, СТПТ	319

#### Внимание!

Перечень всех технических описаний ГТУ (246 шт.), размещенных в Каталогах газотурбинного оборудования, и место их размещения см. в Каталоге 2016 г. на с. 68-71

**ЭГ 1000МС(Т)****ТВЗ-137****ПАЭС 1000Г****ТВЗ-237АГ**

Номинальная электрическая мощность – 1,0 и 1,2 МВт

Максимальная электрическая мощность – 1,1 и 1,32 МВт

Номинальная тепловая мощность – 2,08 и 2,3 Гкал/ч

Поставщик – ПАО «Мотор Сич»

**Производители основного оборудования**

Пэкидж	ЭГ 1000МС(Т)-Т400 ПАЭС 1000Г-Т400	ПАО «Мотор Сич» ПАО «Мотор Сич»
Двигатель	ТВЗ-137 ТВЗ-237АГ	ПАО «Мотор Сич» ПАО «Мотор Сич»
Турбогенератор	БСГС-630М-6Н1	НПО «Электромаш»
Редуктор	двухступенчатый	ПАО «Мотор Сич»
Стартер	воздушный, АИ9-ЗВ электростартер	ПАО «Мотор Сич» ПАО «Мотор Сич»
Топливная аппаратура	816.БТА.000	ОАО «Волчанский агрегатный завод»
САУ	САУ ЭГ-1000 САУ ПАЭС-1000Г	ЗФ ОАО «Тяжпром – электропроект»
КВСУ	двухступенчатое	ПАО «Мотор Сич»
АВОМ	воздушно-масляный	Газхолдтехника
Котел-утилизатор	типа КУВ-2,3	ЗАО «Киров- Энергомаш»
Противопожарная система	ГАММА-102; -104	МНПФ «Гамма»



Фото 1. Газотурбинная электростанция Мотор Сич ЭГ 1000МС (Т)

**Общее описание ГТЭ**

Электростанции «Мотор Сич ЭГ 1000МС(Т)-Т400-ЗУХЛ1» и «Мотор Сич ПАЭС 1000Г-Т400-М01» блочно-транспортные газотурбинные номинальной мощностью 1,0 МВт и 1,2 МВт предназначены для снабжения потребителей электроэнергией переменного трехфазного тока частотой 50 Гц, напряжением 400 В и могут использоваться:

- в автономном режиме;
- при параллельной работе с сетью неограниченной мощности;
- при параллельной работе нескольких аналогичных электростанций соизмеримой мощности (1:3...3:1);
- в режиме «Резерв» при отключенной внешней нагрузке и включенном возбуждении генератора для оперативного вхождения в любой режим.

Электростанции могут работать в базовом или полупиковом режиме по ГОСТ 29328.

Климатическое исполнение У1 по ГОСТ 15150 с использованием в рабочем диапазоне температур от -50 до +50 °С.

Основные блоки электростанции: контейнер агрегатный, блок вентиляции, блок воздухоочистки, кабина оператора и шумоглушитель выхлопа.

Электростанция оборудуется:

- газотурбинным приводом ТВЗ-137 или ТВЗ-237АГ, выхлопным устройством, предохранительной муфтой, редуктором и турбогенератором;

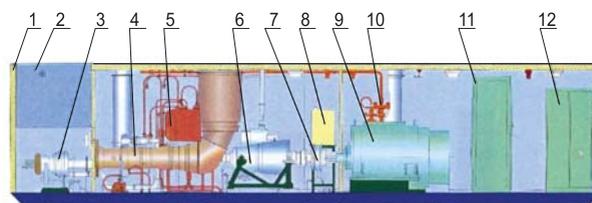


Рис. 1. Продольный разрез контейнера ЭГ 1000МС(Т)

- 1 – контейнер; 2 – шумоглушитель входа; 3 – вспомогательная силовая установка АИ9-ЗВ; 4 – газотурбинный двигатель ТВЗ-137; 5 – система смазки; 6 – редуктор с коробкой приводов агрегатов; 7 – муфта фрикционная; 8 – система топливопитания; 9 – генератор БСГС-630М-6Н1; 10 – система пожаротушения; 11 – устройство комплектное низковольтное УКН-1000-3А; 12 – шкаф питания

■ устройством комплектным низковольтным УКН-1000-3А, обеспечивающим прием от генератора и передачу потребителю электроэнергии;

■ системой воздушного запуска двигателя с вспомогательной силовой установкой АИ9-3В (для ГТД ТВ3-137) или электрическим запуском (для ГТД ТВ3-237АГ);

■ системами топливоснабжения, смазки, вентиляции и воздухоочистки;

■ системой автоматического управления, контроля и диагностики САУ ЭГ 1000Т или САУ ПАЭС 1000Г;

■ системой виброконтроля;

■ системами шумоглушения приводного и пускового двигателей;

■ системой бесперебойного питания низковольтного оборудования;

■ системой газового пожаротушения и т. д.

Состав и размещение оборудования электростанции – в контейнере агрегатном (рис. 1), который разделен двумя перегородками на три отсека:

– отсек шахты воздухозаборной с шумоглушением входа;

– отсек газотурбинного привода;

– отсек генератора БСГС-630М-6Н1 с трехсекционным распределительным устройством УКН-1000-3А.

### Отличительные особенности

1. Управление электростанцией полностью автоматизировано. САУ предназначена для управления как одиночными станциями, так и блоками до 8 станций.

2. Низкие эксплуатационные затраты на подготовку площадки, подвод топливного газа, прием выработанной электроэнергии и техническое обслуживание.

3. Работа на жидком топливе, природном и попутном нефтяном газе.

4. Электростанция ЭГ 1000МС(Т) полностью автономна, т. е. не требует для запуска и работы на режимах дополнительных источников энергии.

5. Хороший доступ к местам проверки и регулировки.

6. Дистанционный контроль состояния оборудования.

7. Значение номинальной мощности электростанции ЭГ 1000МС(Т) обеспечивается до температуры воздуха на входе в двигатель +27 °С, а электростанции ПАЭС 1000Г до температуры воздуха на входе в двигатель +40 °С и высоты 1000 м над уровнем моря.

8. Возможность работы в течение длительного времени при очень низких нагрузках, в том числе в режиме холостого хода;

9. Для районов с температурой окружающего воздуха ниже –40 °С могут поставляться моторные подогреватели.

10. В конструкции предусмотрено использование водогрейного котла-утилизатора.

### Технические данные электростанций

Модель	ЭГ 1000	ПАЭС 1000Г
Газотурбинный двигатель (ГТД): ТВ3-	137	237АГ
Номинальная мощность ГТД, МВт	1,0	1,2
Номинальный электрический КПД, %	24	24
Располагаемая тепловая мощность (при температуре уходящих из дымовой трубы газов 110 °С), Гкал/ч	2,08	2,3
Номинальный расход топливного газа ( $N_u = 50056$ кДж/кг), кг/ч	300	360
Необходимое давление топливного газа на входе в ГТУ, кг/см <sup>2</sup>	12	
Температура топливного газа, °С, не более	80	
Температура наружного воздуха, °С	–50...+50	
Система смазки	раздельная	
Применяемое масло:		
– ГТД	Б-3В или ЛЗ-240	
– турбогенератор	Литол 24, ЦИАТИМ-221	
Безвозвратные потери масла ГТД, кг/ч	0,3	
Емкость маслобака ГТД, л	150	
Эмиссия NO <sub>x</sub> (СО), ppm	24 (39)	
Уровень шума на расстоянии 1 м от контейнера, дБ(А)	80	
Время выхода на номинальный режим с момента нажатия кнопки «Запуск», мин	8	
Потребляемая мощность собственных нужд при работе под нагрузкой, кВт	20	
Назначенный ресурс, ч	90 000	
Межремонтный ресурс, ч	30 000	
Стоимость ремонтно-технического обслуживания (включая капремонт), руб/кВт·ч	0,036	
Масса без котла-утилизатора, т	32	
Габариты смонтированной электростанции (L×B×H), м	12,1×4,5×12	

### Описание газотурбинного двигателя

Газотурбинные двигатели ТВ3-137 и ТВ3-237АГ предназначены для привода синхронного турбогенератора и могут использоваться в составе передвижных и стационарных электростанций, насосных и компрессорных установок. Газотурбинный привод включает в себя газотурбинный двигатель, редуктор с приводом навесных агрегатов, валопровод с фрикционной муфтой сцепления. Двигатель может изготавливаться в двух исполнениях: для работы на жидком и газообразном топливе. При разработке двигателя был использован многолетний опыт создания и эксплуата-

ции газотурбинных двигателей, что позволило создать надежный, удобный в эксплуатации и имеющий высокие экологические показатели двигатель.

Конструктивные особенности газотурбинного двигателя:

- двигатель – турбовальный газотурбинный со свободной турбиной;
- компрессор двигателя – осевой, 12-ступенчатый с регулируемыми поворотными лопатками входного

направляющего аппарата и направляющих аппаратов первых четырех ступеней, имеются два клапана перепуска воздуха из компрессора;

- степень повышения давления в компрессоре – 9,45 у ГТД ТВЗ-137 и 9,8 у ГТД ТВЗ-237АГ;
- камера сгорания – кольцевая прямоточная с двенадцатью горелками;
- турбина ТВД – двухступенчатая;
- силовая турбина – двухступенчатая.

### Технические данные ГТД

Базовый двигатель	ТВЗ-137	
Газотурбинный двигатель (ГТД): ТВЗ-	137	237АГ
Номинальная мощность, МВт	1,07	1,2
Схема двигателя: – количество валов – количество ступеней	двухвальная 12КВД+2ТВД+2СТ	
Степень повышения давления в компрессоре	9,45	9,8
Камера сгорания	кольцевая	
Количество форсунок (горелок)	12	
Давление топливного газа, кг/см <sup>2</sup>	12	
Наличие многотопливного варианта	газ или жидкое топливо	
КПД в простом цикле (ISO), %	25,5	25,5
Расход выхлопных газов, кг/с	8,6	8,9
Температура выхлопных газов, °С	392	410
Частота вращения турбины ВД, об/мин	19 500	
Частота вращения силовой турбины, об/мин	15 000	
Частота вращения вала редуктора на выходе, об/мин	1000	
Назначенный ресурс, ч	30 000	
Межремонтный ресурс, ч	10 000	
Масса сухая ГТД, кг	290	
Масса (двигатель в состоянии поставки на раме с обвязкой, с редуктором), кг	2000	
Габариты (L×B×H) без редуктора и рамы, м	2,06×0,65×0,73	

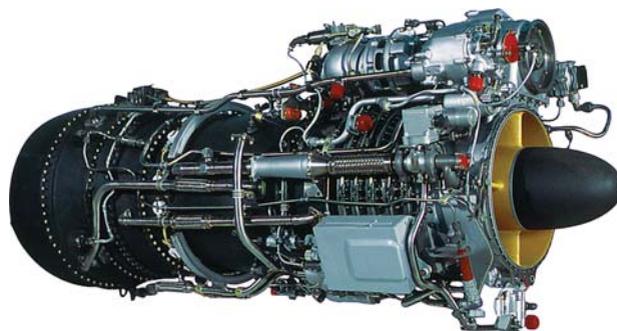


Фото 2. Газотурбинный двигатель ТВЗ-137

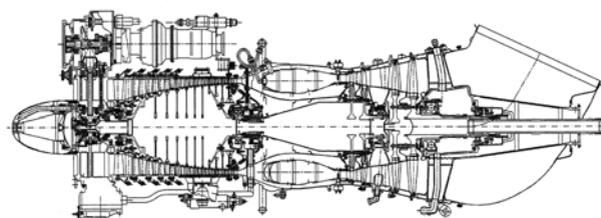


Рис. 2. Продольный разрез газотурбинного двигателя ТВЗ-137

Зависимость основных параметров ГТД ТВЗ-137 от температуры наружного воздуха показана на графиках рис. 3.

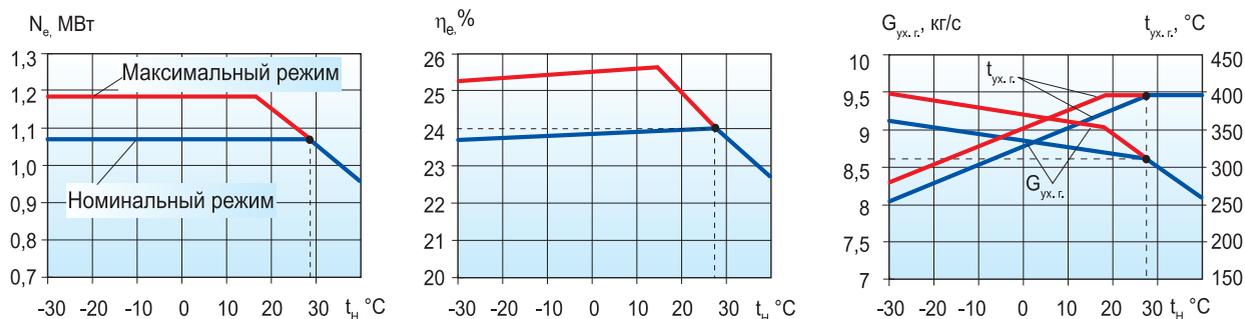


Рис. 3. Климатические характеристики ГТД ТВЗ-137

### Описание редуктора с коробкой приводов агрегатов

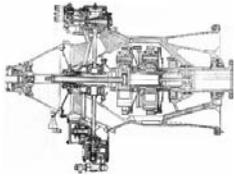


Рис. 4. Продольный разрез редуктора с коробкой приводов агрегатов

Редуктор в составе электростанции предназначен для передачи мощности от свободной турбины на вращение вала турбогенератора для согласования частот вращения свободной турбины ГТД (15 000 об/мин) и турбогенератора (1000 об/мин).

Редуктор выполнен единым модулем с коробкой приводов агрегатов. На коробке приводов имеются привод для генератора собственных нужд электростанции, а также приводы воздухоотделителя и маслонасоса измерителя крутящего момента. Коробка приводов также служит задней опорой крепления газотурбинного двигателя.

### Описание вспомогательной силовой установки (ВСУ)



Фото 3. Вспомогательная силовая установка (ВСУ) с ГТУ АИ9-3В

ВСУ предназначена для питания сжатым воздухом системы запуска ГТД ТВ3-137, питания постоянным током собственных нужд напряжением 27 В, а также для обогрева теплым воздухом отсеков электростанции ЭГ 1000МС(Т).

ВСУ состоит из газотурбинного двигателя АИ9-3В в сборе с редуктором и компрессором, генератора СТГ-3 II серии, а также агрегатов, обеспечивающих работу ВСУ.

Режим работы ВСУ:

- питание собственных нужд электростанции для проверки и запуска аппаратуры автоматики и газотурбинного привода постоянным током мощностью 3 кВт, после чего три последовательных отбора воздуха для запуска ГТД с перерывами между отборами не менее 1 мин;

- питание собственных нужд при работе электростанции постоянным током мощностью 3 кВт в случае отказа основного источника питания.

### Описание турбогенератора ГТД



Рис. 5. Турбогенератор ГТД

Привод турбогенератора обеспечивается газотурбинным двигателем через редуктор и фрикционную предохранительную муфту. Турбогенератор БСГС-630М-6Н1 (производство НПО «Электромаш», Тирасполь, Молдова) предназначен для преобразования механической энергии, вырабатываемой ГТД, в электроэнергию, которая используется непосредственно потребителем.

Конструктивно блок турбогенератора БСГС состоит непосредственно из турбогенератора, устройства возбуждения в виде отдельного шкафа УВГС-Д-3А-1000-0,4 и трехсекционного низковольтного распределительного устройства УКН-1000-3А.

Устройства УВГС-Д и УКН обеспечивают:

- защиту генератора от тока короткого замыкания на шинах после генераторного выключателя;
- защиту генератора от потери возбуждения;
- защиту генератора от обратного потока мощности;
- защиту генератора от несинхронного включения в сеть;
- измерение:
  - напряжения генератора;
  - частоты генератора;
  - тока генератора;
  - активной мощности;
  - реактивной мощности;
  - температуры частей генератора.

### Технические характеристики турбогенератора

Активная мощность, МВт	1,2
Полная мощность, МВА	1,5
Номинальный коэффициент мощности	0,8
Частота вращения, об/мин	1000
Напряжение, В	400
Ток статора, А	1800
Частота электрического тока, Гц	50
КПД, %	96
Система охлаждения	воздушная, разомкнутая
Уровень звука на расстоянии 1 м, дБ (А)	85
Масса, т	5,25
Габариты (L×B×H), м	2,1×1,6×1,5

**Описание системы топливопитания**

Система топливопитания обеспечивает дозированное питание газотурбинного двигателя природным газом и питание ВСУ АИ9-3В жидким топливом.

Система газотопливопитания ГТД включает в себя блок топливных фильтров (степень фильтрации 63 мкм), клапан стопорный, управляемый электромагнитом, дозатор газа, управляемый шаговым электродвигателем, оснащенный датчиком угла поворота, датчиками конечных положений дозирующего элемента. Система снабжена также датчиком контроля утечки газа, преобразователями давления газа на входе и выходе из дозатора, а также преобразователем температуры топливного газа. Управление системой от САУД по заданному алгоритму.

Система топливопитания ВСУ предназначена для подачи жидкого топлива под давлением (0,92...1,1) кгс/см<sup>2</sup> к ВСУ и включает в себя:

- топливный бак емкостью 150 л;
- электроприводной насос;
- перекрывной кран;
- фильтры грубой и тонкой очистки;
- сигнализатор давления.

*Введенные в эксплуатацию объекты на территории России и СНГ:*  
ДКС «Солоха», Укртрансгаз, 1шт.

**M1A-13X (GPB15X)  
M1A-13D (GPB15D)**

Номинальная электрическая мощность – 1,43;  
1,49 МВт

Номинальная тепловая мощность – 2,8 Гкал/ч  
Поставщик – Kawasaki Heavy Industries



Фото 1. Газотурбинная энергетическая установка GPB15D с ГТД Kawasaki M1A-13D

**Описание системы САУ**

Управление технологическими процессами электростанции, контроль основных параметров и диагностика состояния основных комплектующих выполняются системой САУ.

САУ включает в себя шкаф питания, пульт управления со встроенными контроллером и рабочей станцией и систему автоматического управления двигателем (САУД).

Между контроллерами системы идет постоянный информационный обмен, а связь между ними, датчиками и исполнительными механизмами электростанции осуществляется посредством системы электрических кабелей.

В системе использованы контроллеры на базе Micro PC фирмы Octagon Systems и рабочая станция AMB-6501TT фирмы Acterch Technology.

Электростанция включает в себя также системы пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения, контроля загазованности отсеков электростанции и контроля вибраций ГТД, редуктора и генератора. Управляет работой этих систем САУ ЭГ по заданному алгоритму.

**Производители основного оборудования**

Газотурбинная энергетическая установка (ГТУ)	GPB15X GPB15D	Kawasaki Kawasaki
Газотурбинный двигатель (ГТД)	M1A-13X M1A-13D	Kawasaki Kawasaki
Турбогенератор	серия STG	Kawasaki
Редуктор	планетарный	Kawasaki
Стартер	электрический VFD	Kawasaki
ABOM	воздушно-масляный	Kawasaki
Котел-утилизатор	HRSG	Kawasaki
САУ	АСУ ТП	Kawasaki

**Общее описание ГТУ**

Промышленные блочные энергоустановки GPB15D и GPB15X компании Kawasaki (фото 1), далее по тексту ГТУ, предназначены для базовых электрических нагрузок и способны работать как в автономном, так и в параллельном с сетью режиме. Кроме того, ГТУ в составе когенерационных установок широко исполь-