УДК 621.311.23: 621.311.238

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВА ГАЗОПОРШНЕВЫМИ**

**И ГАЗОТУРБИННЫМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ.**

**Коротин С.Ю.**

*Российская Федерация, г. Самара, ФГБОУ ВПО СамГТУ*

*В работе приводятся сравнительные характеристики ряда современных энергетических установок малого класса мощности и определяется характер их изменения в зависимости от нагрузки. Сопоставлены преимущества установок того или иного типа в зависимости от условий работы.*

*Ключевые слова: энергетика, электростанции, газопоршневой двигатель, газотурбинный двигатель, когенерация.*

*The paper presents the comparative performance of a number of modern power plants small power class and is determined by the nature of their changes depending on the load. Associated benefits plants of one type or another depending on the conditions.*

*Keywords:* *energy, power plants, gas reciprocating engine, gas turbine engine, cogeneration.*

Энерго- и ресурсосбережение в промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве является одним из важнейших факторов успешного функционирования и развития российской экономики. Ввиду того, что энергоснабжение ряда объектов от централизованных источников не оправдано экономически или затруднено вследствие удалённости объекта от соответствующей инфраструктуры, актуальным вопросом является правильный выбор типа установки децентрализованного электро- и теплоснабжения под конкретные условия эксплуатации.

Широкая газификация обусловила распространение в последнее время газопоршневых и газотурбинных установок, в том числе в агрегате с котлами-утилизаторами. Как первые, так и вторые, имеют свои преимущества и недостатки, которые в свою очередь в большей или меньшей степени проявляются в различных сегментах мощности. Невозможно сделать однозначный выбор в пользу газопоршневого или газотурбинного агрегата в отрыве от условий конкретного объекта. При полномасштабном технико-экономическом сопоставлении открытым вопросом является объективная оценка стоимости сооружения станции, ремонта и технического обслуживания агрегата, так как она часто носит договорной характер. По этой причине, в настоящей статье приводится сравнительный анализ ГТУ и ГПУ по показателям эффективности использования топлива в простом, комбинированном и когенерационном цикле, динамике данных показателей в зависимости от величины нагрузки, и тепловому балансу.

Рассмотрение установок в сегменте мощностей от 1 до 15МВт велось на примере трёх представителей модельных рядов ГТУ и ГПУ соответственно, в целом сопоставимых по технологическому уровню, по данным заявленным производителями данных ГТУ [1][2][3] и ГПУ [4][5][6][7][8]. Основные эксплуатационные показатели приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Основные технические характеристики некоторых моделей ГТУ.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначе-ние  модели | Произво-дитель | Мощность электри-ческая номиналь-ная Nэном, кВт | Подвод теплоты, кВт·ч при нагрузке, % от номинальной | | | Теплоотвод в котел-утилизатор, кВт, при нагрузке 100% Nном / температуре уходящих газов на выходе из КУ, ˚С |
| 100% | 75% | 50% |
| SGT-100-1S | Siemens | 5250 | 17300 | 13750 | 10400 | 8400 / 140 |
| SGT-300 | 7900 | 25400 | 20500 | 15800 | 13000 / 120 |
| SGT-400 | 12900 | 37000 | 30100 | 22800 | 17700 /120 |

Таблица 2. Основные технические характеристики некоторых моделей ГПУ.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозна-чение  модели | Произ-во-дитель | | Мощность электри-ческая номиналь-ная Nэном, кВт | Расход природного газа, м3/ч, при нагрузке, % от номинальной | | | Подвод теплоты, МДж/кВт·ч при нагрузке, % от номинальной | | | Теплоотвод в КУ с выхлопом /охл. жидкостью, кВт, нагрузка 100% Nном\*\*\* |
| 100% | 75% | 50% | 100% | 75% | 50% |
| G3516С LE | | Cater-pillar | 1600 | 411\* | 314\* | 219\* | - | - | - | 1064 / 813 |
| TCG 2016V32 | | MWM | 4300 | 1041\*\* | 810\*\* | 559\*\* | - | - | - | 2240 / 1538 |
| G16CM34 | | Cater-pillar | 6100 | - | - | - | 8,15 | 8,74 | 9,5 | Н.д. |

\* Qcн = 35,6 МДж/м3 ; \*\* Qcн = 34,19 МДж/м3 ; \*\*\*При температуре уходящих из КУ газов 120 ˚С

Для приведенных выше двигателей КПД на режимах 100, 75 и 50% от номинальной мощности рассчитывался исходя из отношения подведённой в процессе горения топлива теплоты к полезной работе при температуре воздуха 0˚С, для ряда газопоршневых двигателей подведённая теплота определялась из эксплуатационных расходов газа с заданной низшей теплотой сгорания.

Согласно приведённым данным, двигатель-генераторные установки с ГПУ в сегменте мощностей до 10-15 МВт имеют более высокий электрический КПД; с другой стороны ГТУ позволяют получать значительно больше высокопотенциальной тепловой энергии при утилизации выхлопных газов. Это связано с тем, что в тепловом балансе ГПУ значительную долю занимают теплоотводы с охлаждающей жидкостью и маслом, температура которых не выше соответственно 80-100 ˚С и 70-75 ˚С.

Коэффициент полезного действия установки зависит от степени использования её мощности. Так как в подавляющем большинстве случаев автономные электростанции работают в условиях значительных колебаний потребления электроэнергии и тепла, этот факт должен учитываться при выборе количества агрегатов, с тем чтобы обеспечить их работу в наиболее экономичном режиме, вводя в работу определённое их количество. В то же время, более мощные ГТУ и ГПУ как правило, имеют более высокий электрический КПД ηэ. Следует отметить также, что многие производители не рекомендуют длительную работу генерирующей установки с нагрузкой меньше половинной. График изменения ηэ в зависимости от нагрузки для указанных ГТУ приведен на рис.1, то же для ГПУ – на рис.2

**Рис. 1. Зависимость ηэ  от нагрузки для ГТУ SGT-100-1S, SGT-300 и SGT-400.**

**Рис. 2. Зависимость ηэ  от нагрузки для ГПУ G3516C LE, TCG 2032 V16 и G16CM34**

Обобщая результаты построения графиков ηэ =f(N/Nном), следует отметить что:

- КПД как ГТУ, так и ГПУ, падает при снижении нагрузки со 100% до 50% Nном

- для газопоршневых установок характерно в целом менее резкое падение ηэ при снижении N/Nном. Это в меньшей степени касается установки с двигателем G16CM34, который является модернизацией судового дизельного двигателя с характерным смещением наивыгоднейших режимов работы к режимам, близким к Nном. В связи с последним фактом, при сооружении ГПЭС следует ориентироваться на двигатели, изначально разрабатывавшиеся для работы в составе источника электроснабжения.

- установка большого количества агрегатов малой мощности на электростанции с ГПУ не имеет смысла, ввиду того что ηэ  установок с крупными среднеоборотными газовыми двигателями даже при половинной нагрузке выше ηэ  высокооборотных двигателей меньшей мощности на оптимальных режимах, близких к Nном. Так, при суточном коэффициенте неравномерности (отношение минимальной суточной нагрузки к максимальной) 0,35 и сезонном 0,8, установка на станции мощностью 8000кВт двух двигателей TCG 2032 V16 приведёт к меньшим затратам на топливо по сравнению с установкой пяти двигателей G3516C LE.

- установка большего числа агрегатов меньшей мощности на ГТЭС оправдана при значительной неравномерности потребления электроэнергии.

Как уже отмечалось выше, особенностью газотурбинных установок является высокий тепловой потенциал уходящих газов, которые можно полезно использовать для выработки пара в котле-утилизаторе, в том числе для привода паровой турбины. В последнее время в «большой энергетике» находят всё более широкое распространение парогазовые установки, работающие по бинарному циклу. Электрический КПД наиболее крупных и современных из них достигает 55-60%, что превышает КПД базовой ГТУ примерно на 50%. Для достижения таких значений КПД в их составе используются высокотехнологичные ГТУ с температурами газов перед турбиной до 1300-1400°С и выше 600°С на выходе из турбины, что позволяет получать перегретый пар высоких параметров для паровой турбины, для работы последней с тепловым КПД около 35%. Однако в сегменте мощности до 10МВт ПГУ до настоящего времени не получили широкого распространения. В первую очередь связано это с тем, что температура уходящих газов ГТУ такого класса мощности относительно невелика и составляет обычно 440-500°С. Поэтому пар высоких параметров получить не представляется возможным. Работа же ПТУ на паре низких параметров приводит к сравнительно невысокому повышению КПД при значительном увеличении капитальных вложений в энергоустановку. Согласно расчёта, произведённым автором, паровая турбина с начальными параметрами пара Т=430°С, Р=3,43Мпа и механическим КПД 80%, имеет тепловой КПД 18,6%. Тем не менее, появление в сегменте малой мощности высокотемпературных газовых турбин с температурой уходящих газов до 530-550°С и высоким КПД, позволяет пересмотреть подход к применению ПГУ в малой энергетике.

Список литературы

1. Промышленная газовая турбина SGT-100.[Текст]: техническое описание установки: разработчик и изготовитель Siemens AG Power Generation, Freyeslebenstrasse 1, 91058 Erlangen, Germany, 2005. – 4л.

2. Промышленная газовая турбина SGT-300.[Текст]: техническое описание установки: разработчик и изготовитель Siemens AG Power Generation, Freyeslebenstrasse 1, 91058 Erlangen, Germany, 2005. – 4л.

3. Промышленная газовая турбина SGT-400.[Текст]: техническое описание установки: разработчик и изготовитель Siemens AG Power Generation, Freyeslebenstrasse 1, 91058 Erlangen, Germany, 2005. – 4л.

4. Газопоршневые электростанции MWM. Каталог оборудования. // Сайт машиностроительной компании MWM GMbH [Электронный ресурс]: URL: <http://www.mwm-russia.ru/tcg_2032.php>.- Загл. с экрана

5. Газопоршневые установки. Каталог оборудования. // сайт ROLT Power systems [электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.roltpower.ru/equipment/mwm/tcg-2032-v16/>. - Загл. с экрана

6. Генераторная установка с газовым двигателем G3516E. [текст]: техническое описание установки: разработчик и изготовитель Caterpillar Electric Power, USA, 2004. – 4л.

7. Gas Petroleum engine Caterpillar G16CM34. [текст]: техническое описание установки на англ. яз.: разработчик Caterpillar Electric Power, USA, 2011. – 4л.

8. GCM34 - CAT engines for gas compression. [текст]: техническое описание установки на англ. яз.: разработчик Caterpillar Oil &Gas, USA, 2009. – 8л.

**Коротин Семён Юрьевич**, аспирант кафедры «Промышленная теплоэнергетика» ФГБОУ ВПО СамГТУ, г. Самара, Россия. Почтовый адрес: 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, главный корпус, каб. 313, тел.: 89171414637; e-mail: [arro116@mail.ru](mailto:arro116@mail.ru) ,