

## **АНАЛИЗИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК НА ТЭС**

**Седельников Н.В., Сверкунов Д. М.,  
научный руководитель д-р техн. наук, проф. Дубровский В. А.  
Сибирский федеральный университет  
Политехнический институт**

В любой стране энергетика является базовой отраслью экономики, стратегически важной для государства. От её состояния и развития зависят соответствующие темпы роста других отраслей хозяйства, стабильность их работы. В промышленности электрическая энергия из тепловой получается путем промежуточного преобразования её в механическую работу. Современная техника пока не позволяет создать более или менее мощные установки для получения электричества непосредственно из тепла. Все установки такого типа пока могут работать или только кратковременно, или при крайне малых мощностях, или при низких кпд, или зависят от временных факторов. Поэтому на тепловых электростанциях нельзя обойтись без тепловых двигателей.

Перспективное направление развития энергетики связано с газотурбинными (ГТУ) и парогазовыми (ПГУ) энергетическими установками тепловых электростанций. ПГУ на природном газе – единственные энергетические установки, которые в конденсационном режиме работы отпускают электроэнергию с электрическим кпд более 58% .

Парогазовые установки - сравнительно новый тип генерирующих станций, работающих на газе или на жидком топливе. Принцип работы самой экономичной и распространенной классической схемы таков. Устройство состоит из двух блоков: газотурбинной (ГТУ) и паросиловой (ПС) установок. В газотурбинной установке турбину вращают газообразные продукты сгорания топлива. Проходя через газовую турбину, продукты сгорания отдают ей лишь часть своей энергии и на выходе из газотурбины все ещё имеют высокую температуру. С выхода из газотурбины продукты сгорания попадают в паросиловую установку, в котел-утилизатор, где нагревают воду и образующийся водяной пар.

В первом, газотурбинном, цикле КПД редко превышает 38%. Во втором, паросиловом, цикле используется еще около 20% энергии сгоревшего топлива. В сумме КПД всей установки оказывается около 58%. Паровые энергоблоки хорошо освоены. Они надежны и долговечны. Их единичная мощность достигает 800-1200 МВт, а коэффициент полезного действия (КПД), представляющий собой отношение произведенной электроэнергии к теплотворности использованного топлива, составляет до 40-41%, а на наиболее совершенных электростанциях за рубежом - 45-48%.

В энергетике реализован ряд тепловых схем ПГУ, имеющих свои особенности и различия в технологическом процессе. Многообразие ПГУ столь велико, что нет возможности рассмотреть их в полном объеме. Поэтому ниже рассмотрим основные типы ПГУ, интересные для нас либо с принципиальной, либо с практической точки

зрения. Одновременно попытаемся выполнить их классификацию, которая, как и всякая классификация, будет условной.

По назначению ПГУ подразделяют на конденсационные и теплофикационные. Первые из них вырабатывают только электроэнергию, вторые — служат и для нагрева сетевой воды в подогревателях, подключаемых к паровой турбине.

По количеству рабочих тел, используемых в ПГУ, их делят на бинарные и монарные. В бинарных установках рабочие тела газотурбинного цикла (воздух и продукты горения топлива) и паротурбинной установки (вода и водяной пар) разделены. В монарных установках рабочим телом турбины является смесь продуктов сгорания и водяного пара.

На рис. 1 показана принципиальная схема простейшей парогазовой установки так называемого утилизационного типа. Уходящие газы ГТУ поступают в котел-утилизатор — теплообменник противоточного типа, в котором за счет тепла горячих газов генерируется пар высоких параметров, направляемый в паровую турбину. Из турбины отработанный пар поступает в конденсатор, конденсируется и с помощью питательного насоса, повышающего давление питательной воды, направляется снова в котел-утилизатор.

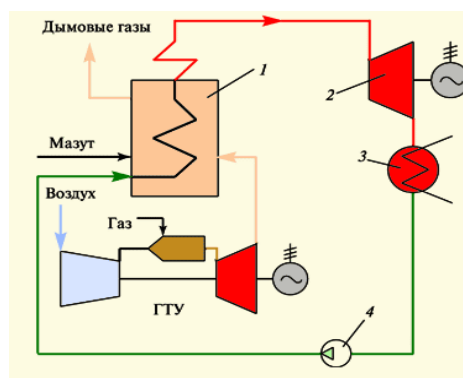
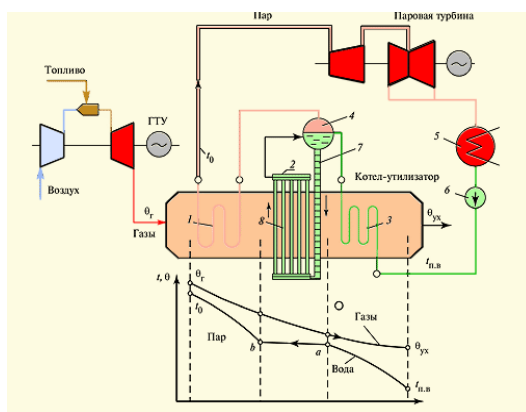


Рис. 1 Простейшая ПГУ утилизационного типа      Рис. 2 Схема сбросной ПГУ

Часто применяются ПГУ со сбросом выходных газов ГТУ в энергетический котел. В них тепло уходящих газов ГТУ, содержащих достаточное количество кислорода, направляется в энергетический котел, замещая в нем воздух, подаваемый дутьевыми вентиляторами котла из атмосферы. При этом отпадает необходимость в воздухоподогревателе котла, так как уходящие газы ГТУ имеют высокую температуру. Главным преимуществом сбросной схемы является возможность использования в паротурбинном цикле недорогих энергетических твердых топлив. В сбросной ПГУ топливо направляется не только в камеру сгорания ГТУ, но и в энергетический котел (рис. 2) В ней реализуется два термодинамических цикла. Теплота, поступившая в камеру сгорания ГТУ вместе с топливом, преобразуется в электроэнергию так же, как и

в утилизационной ПГУ, т.е. с КПД на уровне 50 %, а теплота, поступившая в энергетический котел — как в обычном паротурбинном цикле, т.е. с КПД на уровне 40 %.

Схема ПГУ с высоконапорным парогенератором (котлом) показана на рис. 3. В такой ПГУ высоконапорный парогенератор (ВПГ) играет одновременно роль и энергетического котла ПТУ и камеры сгорания ГТУ. Для этого в нем поддерживается высокое давление, создаваемое компрессором ГТУ. Для повышения экономичности перед ВПГ устанавливается газовый подогреватель конденсата ГПК, уменьшающий температуру уходящих газов ГТУ.

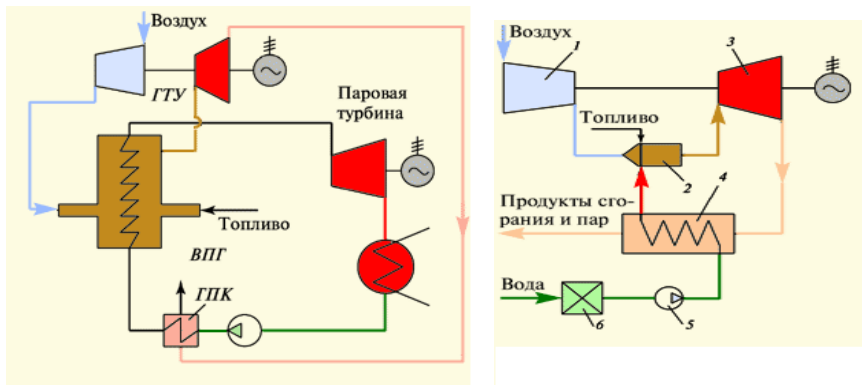


Рис. 3 ПГУ с высоконапорным парогенератором. Рис. 4 Схема монарной ПГУ

Схема монарной ПГУ показана на рис. 4. Выходные газы ГТУ направляются в котел-утилизатор, в который подается вода питательным насосом. Получаемый на выходе пар поступает в камеру сгорания, смешивается с продуктами сгорания и образуемая однородная смесь направляется в газовую (правильнее сказать — в парогазовую) турбину. Смысл этого понятен: часть воздуха, идущего из воздушного компрессора и служащая для уменьшения температуры рабочих газов до допустимой по условиям прочности деталей газовой турбины, замещается паром, на повышение давления которого питательным насосом в состоянии воды затрачивается меньше энергии, чем на повышение давления воздуха в компрессоре. Вместе с тем, поскольку газопаровая смесь покидает котел-утилизатор в виде пара, то тепло конденсации водяного пара, полученное им в котле и составляющее значительную величину, уходит в дымовую трубу.

За рубежом ведется массовое строительство ПГУ. Его тенденции можно увидеть из рис 5. , на котором представлен прогноз мировых заказов, составленный фирмой Siemens на ближайшую пятилетку. Общий ежегодный заказ на теплоэнергетические мощности возрастет с 64 до 70 ГВт. Заказ на ГТУ возрастет до 48 %, причем доля ПГУ увеличится с 40 до 52 %. Доля паровых турбин также возрастает, однако часть их, естественно, будет использоваться в ПГУ. Вместе с тем доля ГТУ, работающих автономно в качестве пиковых агрегатов, остается неизменной и будет составлять 12 %. Все это говорит о том, что строительство ПГУ является преобладающей тенденцией в современной теплоэнергетике.

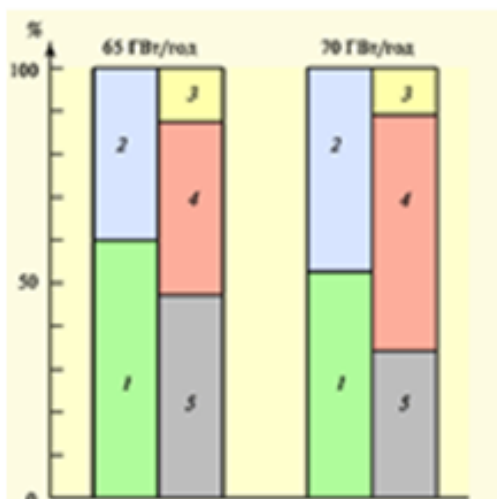


Рис. 5 Прогноз фирмы Siemens по ежегодным заказам на оборудование для ТЭС

Исследования и мировой опыт показывают, что развитие и широкое использование парогазовых установок различных типов являются основным направлением повышения эффективности тепловых электростанций, дающих до последнего времени до 70% всей выработки электроэнергии. Лучшие показатели экономичности среди всех типов ПГУ имеют установки с котлом-утилизатором. При работе на природном газе м номинальной нагрузкой они обеспечивают производство электроэнергии с КПД нетто до 60%.

В энергетике реализован ряд тепловых схем ПГУ, имеющих свои особенности и различия в технологическом процессе. Происходит постоянная оптимизация как самих схем, так и улучшение технических характеристик её узлов и элементов. Основными показателями, характеризующими качество работы энергетической установки, являются производительность (или кпд) и надёжность.

#### Список использованных источников

1. Цанев С. В., Буров В. Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов. Издательство МЭИ, 2002-584с.
2. Безлепкин В. П. Парогазовые установки со сбросом газов в котел. 2002-232с.
3. Степанов И. Р. Парогазовые установки. Основы теории, применение, перспективы. –Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН, 2000-169с
4. <http://www.energocon.com/pages/id1055.html>
5. <http://lib.rosenergосervis.ru/sovremennaya-teploenergetika.html>
6. [http://esco-ecosys.narod.ru/2009\\_6/art089.htm](http://esco-ecosys.narod.ru/2009_6/art089.htm)