

УДК 504.53

БЕЛЬСКАЯ Г.В., ЗЕЛЕНУХО Е.В., БНТУ  
г. Минск, Республика Беларусь

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ

Традиционные способы сжигания органического топлива сопряжены с разносторонним региональным и глобальным воздействием на окружающую среду. Это воздействие характеризуется химическим загрязнением биосферы (выбросы и сбросы загрязняющих веществ в газообразном, жидком и твердом состоянии), тепловым загрязнением воздушного бассейна и водных объектов, физическим воздействием, а также изъятием природных ресурсов для технологических нужд и размещения основной площадки объекта энергетики.

К числу важнейших проблем, связанных со сжиганием органического топлива, относится образование выбросов загрязняющих веществ, вследствие невозможности организации замкнутых циклов и безотходного производства. Для энергетической отрасли приоритетными загрязняющими веществами являются оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), углерода ( $\text{CO}_x$ ), серы ( $\text{SO}_x$ ), твердые вещества (зола, сажа, тяжелые металлы и др.).

Степень загрязнения окружающей среды зависит от вида и качества используемого органического топлива, фактического расхода топлива; типа котла (паровой или водогрейный); номинальной тепловой мощности котла; характеристики системы очистки, а также режима работы энергетического оборудования.

В связи с этим одной из тенденций развития современной энергетики является повышение экологической безопасности как проектируемых тепловых электрических станций, так и находящихся в эксплуатации.

Под экологической безопасностью тепловых электростанций понимается состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от негативного воздействия хозяйственной деятельности, связанной с производством тепловой и электрической энергией.

Одним из способов снижения воздействия на окружающую среду, а также экономии органических ресурсов ископаемого топлива является использование при производстве энергии высокоэффективных парогазовых установок.

В настоящее время в Республике Беларусь реализован ряд проектов реконструкции или установки новых генерирующих мощностей на основе парогазовых установок. Так, ПГУ используются на Минской ТЭЦ-3, Минской ТЭЦ-5, Гродненской ТЭЦ-2, Оршанской ТЭЦ, Березовской ГРЭС.

Баланс мощностей энергосистемы по типу электростанций [1] представлен на рисунке 1.

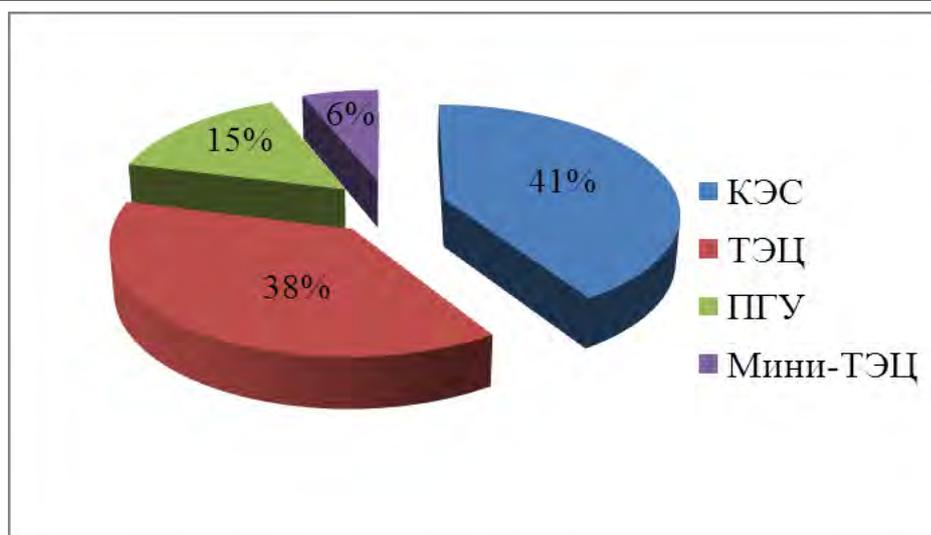


Рисунок 1. Баланс мощностей энергосистемы по типу электростанций

По назначению парогазовые установки условно можно разделить на конденсационные (ПГУ-КЭС) и теплофикационные (ПГУ-ТЭЦ). ПГУ-КЭС вырабатывают в основном электрическую энергию, ПГУ-ТЭЦ – отпускают тепловую энергию наряду с электрической. Тепловую энергию в виде нагретой воды получают либо с помощью теплообменников, питаемых от котла-утилизатора, либо с помощью сетевых подогревателей, питаемых паром отборов паровой турбины.

По способам утилизации тепловой энергии выхлопных газов газотурбинной установки выделяют ПГУ:

- утилизационные;
- с параллельной схемой;
- с дожиганием;
- с газопаровой турбиной;
- сбросные;
- с высоконапорным парогенератором;
- с нагревом питательной воды выхлопными газами ПГУ.

Наибольшее распространение в Республике Беларусь получили ПГУ утилизационного типа, работающие в конденсационном или теплофикационном режиме и использующие для утилизации теплоты уходящих газов котел-утилизатор без сжигания в нем дополнительного топлива. Принципиальная схема простейшей ПГУ утилизационного типа представлена на рисунке 2.

Принцип работы таких установок заключается в следующем: 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. Котел-утилизатор представляет собой шахту прямоугольного сечения, в которой размещены поверхности нагрева, образованные ребренными трубами, внутрь которых подается рабочее тело паротурбинной установки (вода или пар). В простейшем случае поверхности нагрева котла-утилизатора состоят из трех элементов: экономайзера,

испарителя и пароперегревателя. Центральным элементом является испаритель, состоящий из барабана (длинного цилиндра, заполняемого наполовину водой), нескольких опускных труб и достаточно плотно установленных вертикальных труб собственно испарителя. Испарительные трубы находятся в зоне более высоких температур, чем опускные. Поэтому в них вода нагревается, частично испаряется и поэтому становится легче и поднимается вверх в барабан. Освобождающееся место заполняется более холодной водой по опускным трубам из барабана. Насыщенный пар собирается в верхней части барабана и направляется в трубы пароперегревателя. Расход пара из барабана компенсируется подводом воды из экономайзера. При этом поступающая вода, прежде чем испариться полностью, многократно проходит через испарительные трубы. В экономайзере происходит нагрев поступающей питательной воды практически до температуры кипения. Из барабана сухой насыщенный пар поступает в пароперегреватель, где перегревается сверх температуры насыщения. Образующийся на выходе из пароперегревателя пар направляется в паровую турбину, где, расширяясь, совершает работу. Из турбины отработанный пар поступает в конденсатор, конденсируется и с помощью питательного насоса, повышающего давление питательной воды, направляется снова в котел-утилизатор [3].

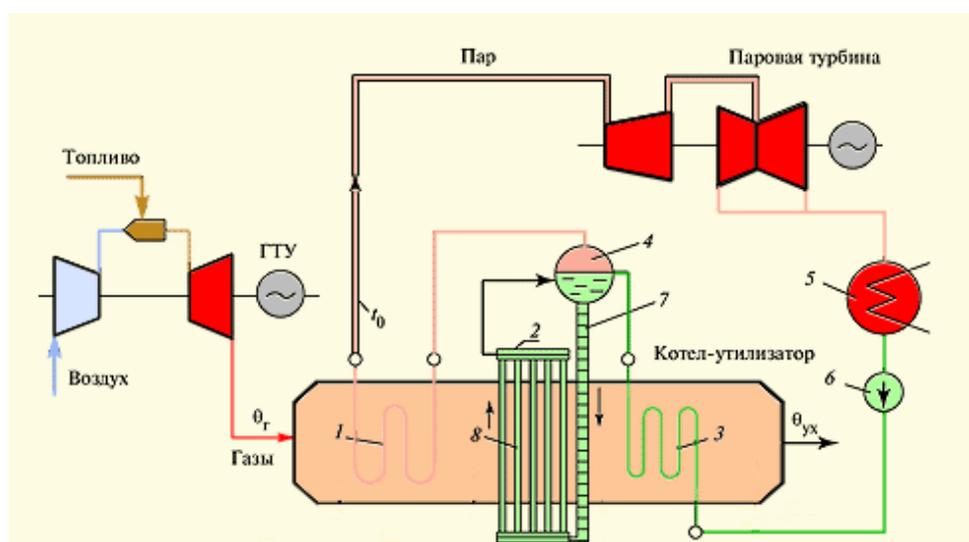


Рисунок 2. Принципиальная схема ПГУ утилизационного типа

В работе проведен сравнительный анализ расхода газообразного топлива для получения 1000 кВт·ч электрической энергии с использованием парогазовых, газотурбинных и паротурбинных установок. Выявлено, что парогазовые установки потребляют меньшее количество топлива по сравнению с другими видами энергетических установок.

Анализ количества выбросов загрязняющих веществ от трех видов энергетических установок показывает, что при использовании парогазовых

установок количество выбросов оксида углерода и оксидов азота является наименьшим.

К преимуществам производства энергии с использованием парогазовых установок относятся следующие:

- коэффициент полезного действия конденсационного цикла ПГУ может достигать 55-60 %, что позволяет уменьшить удельный (на 1кВт·ч выработанной электрической энергии) расход топлива по сравнению с отдельно взятой ГТУ или ПТУ;

- низкая стоимость единицы установленной мощности;

- при использовании парогазовых установок количество выбросов загрязняющих веществ является наименьшим, по сравнению с другими видами энергетических установок;

- при одинаковой мощности паросиловой и парогазовой ТЭС потребление охлаждающей воды ПГУ примерно втрое меньше. Это определяется тем, что мощность паросиловой части ПГУ составляет 1/3 от общей мощности, а ГТУ охлаждающей воды практически не требует.

Следовательно, использование ПГУ на тепловых электростанциях способствует повышению экологической безопасности объекта.

#### Библиографический список

1. Карницкий Н.Б., Матвеев Е.А. Парогазовые установки ТЭС: опыт проектирования и эксплуатации, перспективы применения // Наука и техника. – 2014. - № 3. – с.82-88.

2. Подворный, Г.К. Применение газотурбинных и парогазовых технологий при реконструкции ТЭЦ и котельных / Г.К. Подворный // Электрические станции. – 2012. – № 4. – с. 41–45.

3. Трухний, А.Д. Парогазовые установки электростанций: учебное пособие для вузов / А.Д. Трухний. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013.- 648 с.