

УДК 621.438

## ПОДОГРЕВ ЦИКЛОВОГО ВОЗДУХА ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК ТЭС

Лебедев П.В.

Научный руководитель - Качан С.А., к. т. н., доцент

Парогазовые установки (ПГУ) находят широкое применение как при строительстве новых, так и при реконструкции действующих ТЭС, обеспечивая существенное повышение их тепловой экономичности.

Газотурбинная установка (ГТУ) является центральным элементом ПГУ, определяющим показатели работы всей комбинированной установки. Рабочим телом ГТУ является атмосферный воздух, поэтому его характеристики, в первую очередь температура  $t_{н.в.}$ , оказывают значительное влияние на работу как ГТУ, так и ПГУ.

Поскольку энергетические ГТУ большую часть жизненного цикла работают в режимах, отличных от номинального, т.е. при температуре наружного воздуха, отличной от стандартной по ISO  $t_{н.в.}^{расч} = +15^{\circ}\text{C}$  (рис. 1, [1]), на частичной нагрузке и т.д., требуются дополнительные мероприятия для обеспечения их надежной и эффективной работы ГТУ в нерасчетных условиях.

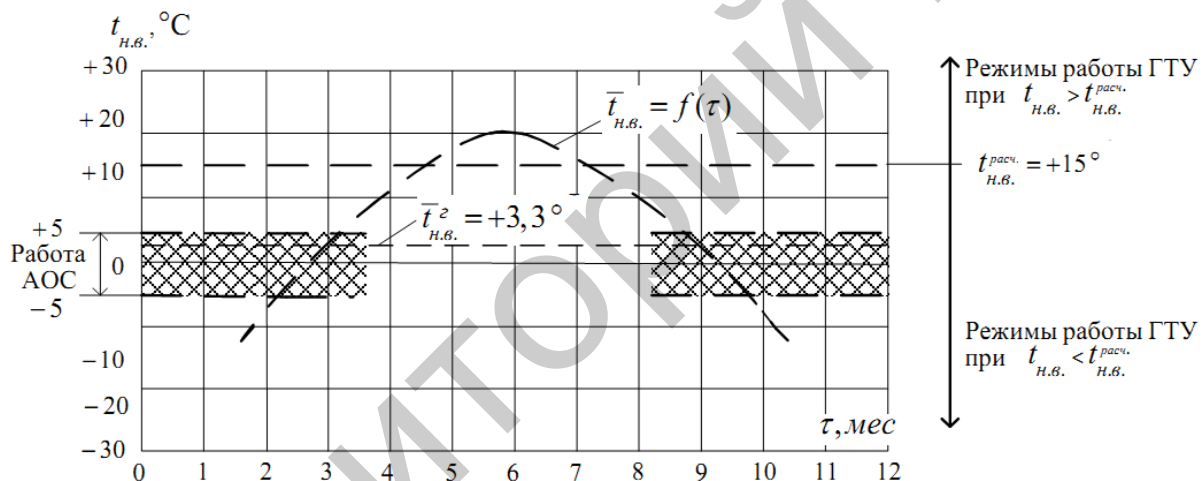


Рисунок 1. Режимы работы ГТУ в течение года в зависимости от  $t_{н.в.}$

Осевые компрессоры ГТУ оснащаются поворотными входными и направляющими лопаточными аппаратами, способными изменять проходные сечения воздушного тракта установки для изменения нагрузки ГТУ; имеются системы подогрева воздуха перед компрессором, обеспечивающие стабильную работу установки при низких температурах наружного воздуха.

При отрицательных температурах и повышенной влажности наружного воздуха возможно обледенение входного тракта комплексной воздухоочистительной установки (КВОУ) и лопаток компрессора. Опасность обледенения особенно велика, если при  $-5^{\circ}\text{C} < t_{н.в.} < +5^{\circ}\text{C}$  имеются осадки в виде морозящего дождя, тумана или мокрого снега. В этих условиях автоматически включается антиобледенительная система (АОС) для подогрева заборного, подводимого к ГТУ, воздуха до температуры, при которой не существует риска образования льда.

Часто это осуществляется за счет рециркуляции части сжатого горячего воздуха после компрессора на его вход. Этот способ подогрева существенно снижает экономичность и мощность ГТУ вследствие увеличения непроизводительной работы

компрессора. К тому же сжатый воздух при выходе из АОС принимает давление наружного воздуха, и, при расширении, снижает свою температуру.

Для повышения эффективности установки в [1] предлагается использовать для работы АОС горячий воздух укрытия ГТУ, подавая его непосредственно на вход фильтров КВОУ (рис. 2).

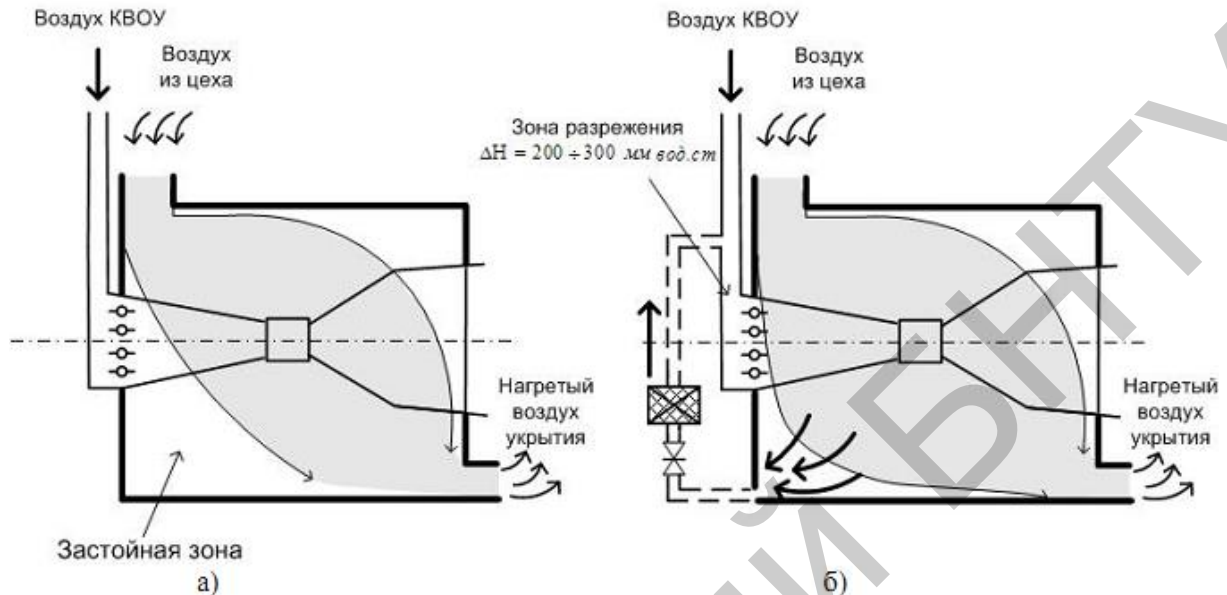


Рисунок 2. Схема подогрева воздуха перед КВОУ воздухом теплового укрытия:  
а – существующее решение; б – предлагаемое решение

Воздух, подаваемый из помещения главного корпуса (цеха) в укрытие, нагревается за счет тепловыделения газовой турбины и компрессора. Предлагается использовать разрежение перед входным направляющим аппаратом (ВНА) компрессора ( $\Delta H \approx 200 \div 300 \text{ мм вод. ст.}$ ) для направления сюда потока нагретого воздуха (рис. 2, б).

Поскольку в основном ГТУ работают на природном газе, есть возможность подогрева воздуха уходящими газами, в которых практически отсутствуют соединения серы, через теплообменник или путем смешения холодного воздуха и газов. При использовании этой схемы требуется дополнительное устройство (сепаратор) для улавливания конденсата водяных паров, содержащихся в рециркуляционных газах.

По данным [2] добавка 4-5% выходных газов в КВОУ позволяет повысить температуру воздуха перед компрессором на  $15-20^\circ\text{C}$ .

На ТЭС имеются и другие потоки низкопотенциальной теплоты, которые можно использовать для нагрева воздуха перед компрессором: отбор пара из паровой турбины, теплота прямой или обратной сетевой воды.

В этом случае подвод теплоты к воздуху на входе в КВОУ осуществляется через промежуточный замкнутый контур, в котором греющая среда, имеющая низкую температуру замерзания (например, водо-гликолевый раствор), подогревается низкопотенциальным паром или сетевой водой в промежуточном теплообменнике.

В [3] для подогрева воздуха перед ГТУ предлагается использовать «бросовую» теплоту, отводимую из конденсатора с охлаждающей водой, включив в схему ПГУ теплонасосную установку (ТНУ) (рис. 3).

Возможен также подогрев воздуха за счет электронагревателей.

По оценкам, каждый из перечисленных способов (кроме последнего) будет экономически оправдан в сравнении с подогревом воздуха в КВОУ воздухом, сжатым в

компрессоре. Так затраты при эксплуатации системы антиобледенения с подогревом воздуха теплом сетевой воды ниже в несколько раз.

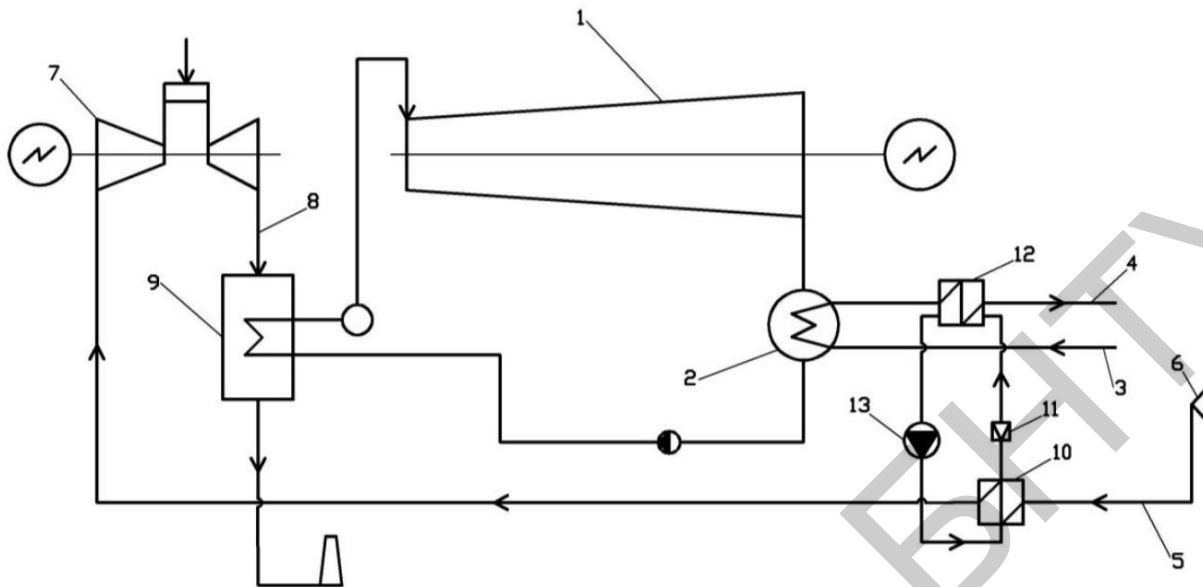


Рисунок 3. Схема ПГУ с теплонасосной установкой:

1 – паровая турбина; 2 – конденсатор; 3,4 – трубопроводы циркуляционной воды охлажденной и нагретой соответственно; 5 – воздуховод; 6 – воздухозаборное устройство; 7 – ГТУ; 8 – газоход; 9 – котел-утилизатор; 10 – конденсатор ТНУ; 11 – дросселирующее устройство; 12 – испаритель ТНУ; 13 – компрессор

### Литература

1. Рабенко В.С., Будаков И.В., Белоусов П.П. Повышение эффективности ГТД-110 при работе антиобледенительной системы // Энергетические машины и установки. - №3(7). – 2009. ([http://ispu.ru/files/8\\_19.pdf](http://ispu.ru/files/8_19.pdf))
2. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электрических станций. - М.: Изд-во МЭИ, 2002. - 584 с.
3. Замалеев М.М. Технологии повышения эффективности ТЭС с газотурбинными и парогазовыми энергетическими установками / Япаров И., Полянский И., Замалеев М.М. // Молодежный инновационный форум Приволжского федерального округа. Конкурс научно-технического творчества молодежи (НТТМ). Ульяновск, 2011 (<http://ify.ulstu.ru>)