

УДК 621.438

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА ВОЗДУХА ТЕПЛООВОГО УКРЫТИЯ ГТД-110**

*В.С. Рабенко, канд. техн. наук, И.В. Будаков, П.П. Белоусов, инженеры*

Основными направлениями совершенствования энергосберегающих технологий энергетического производства прежде всего являются снижение удельного расхода топлива на производство электроэнергии и снижение затрат энергии на собственные нужды.

На традиционных паротурбинных ТЭС снижение потерь тепла в окружающую среду ( $q_5$ ), влияющих на экономичность работы котельного агрегата, достигается забором воздуха на горение в котлах из помещения котельного отделения [1] главного корпуса (ГК). На энергоблоках с ПГУ-325, в состав которых входят котлы-утилизаторы (КУ) без дожигания в них топлива, использование низкопотенциального тепла воздуха из воздушного объема ГК, поступающего с поверхностей работающего оборудования невозможно.

Традиционная система вентиляции ГК ТЭС сводится к тому, что в зимний период работы атмосферный воздух поступает в помещение через верхние фрамуги световых проемов, а летом – приток воздуха осуществляется через фрамуги нижнего и верхнего ярусов. Вытяжка осуществляется через дутьевой вентилятор и аэрационный фонарь, открываемый, как правило, только в летний период работы. При этом часть подогретого воздуха ГК используется для горения в котлах, а излишек сбрасывается в атмосферу через аэрационный фонарь [2].

Несмотря на достаточно проверенный и положительно зарекомендовавший себя путь организации естественного воздухообмена ГК ТЭС [3], компоновка ГК ПГУ-325, экономичная в строительной и технологической части, выполнена без организации естественного теплообмена (аэрации). Это потребовало перехода к развитой и, естественно, энергоемкой принудительной вентиляции, (рис. 1, 2).

Вентиляция ГК ПГУ-325 выполнена принудительной, приточно-вытяжной. Пять приточных вентиляторов обеспечивают подачу воздуха из атмосферы в котельное отделение, два – в турбинное. Четыре вентиляционных блока распределяют приточный воздух по главному корпусу: два в котельном и два в турбинном отделениях. Девять вытяжных вентиляторов, расположенных на уровне подкрановых путей котельного отде-

ления, удаляют нагретый от оборудования воздух в атмосферу, организуя поток воздуха вдоль КУ горизонтальной конструкции.

Значительное снижение оснащения ГК фраугами световых проемов, как правило выполняемое из стеклопакетов, привело не только к дополнительным затратам на внедрение принудительной вентиляции, но и снизило поступление естественного освещения в помещение ГК. Большая часть пластиковых стеклопакетов, с открывающимися фраугами, не оборудованы площадками обслуживания, поэтому на протяжении года они остаются в закрытом положении.

По этой причине в дневное время, даже при ярком солнечном свете, в турбинном и котельном отделениях ГК включено электрическое освещение. В турбинном отделении ГК расположены две газовые турбины ГТД-110 и одна паровая К-110-6.5, являющиеся источниками повышенного тепловыделения в помещение ГК. Поэтому на аэрацию турбинного отделения требуется повышенный расход воздуха.

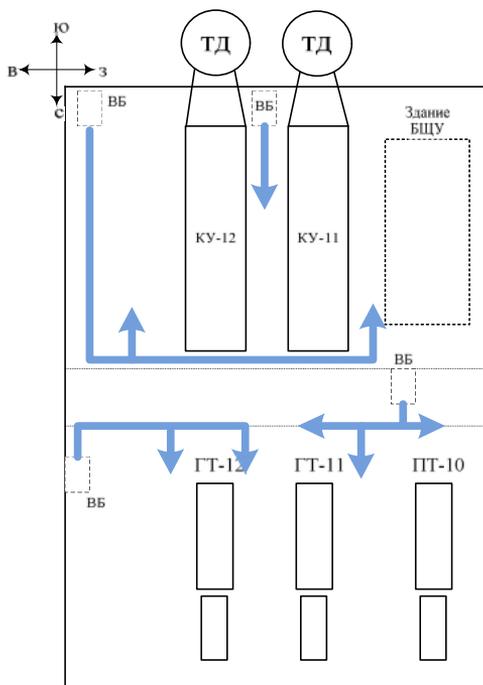


Рис. 1. План-схема вентиляции главного корпуса ПГУ-325 (обозначения см. на рис. 2)

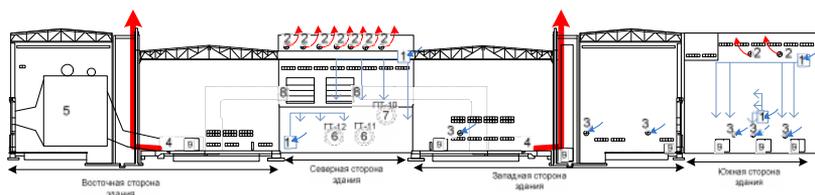


Рис. 2. Развертка главного корпуса ПГУ-325: 1 – вентиляционный блок (ВБ); 2 – вытяжной вентилятор; 3 – приточный вентилятор; 4 – тепловое укрытие ГТД; 5 – котел-утилизатор (КУ); 6 – газовая турбина (ГТ); 7 – паровая турбина (ПТ); 8 – комплексное воздухоочистительное устройство (КВОУ); 9 – ворота главного корпуса; ТД – труба дымовая; БЩУ – блочный щит управления; стрелками показано движение приточно-вытяжного воздуха

Паровая турбина К-110-6.5 ЛМЗ традиционно оборудована тепловой изоляцией. Поэтому тепловыделения с ее поверхности не превышает нормируемых значений [4].

Газотурбинный двигатель ГТД-110 производства НПО «Сатурн» конструктивно выполнен без тепловой изоляции [5]. Вместо нее выполнено укрытие, представляющее собой металлический корпус с четырьмя дверьми для входа обслуживающего персонала (рис. 3).

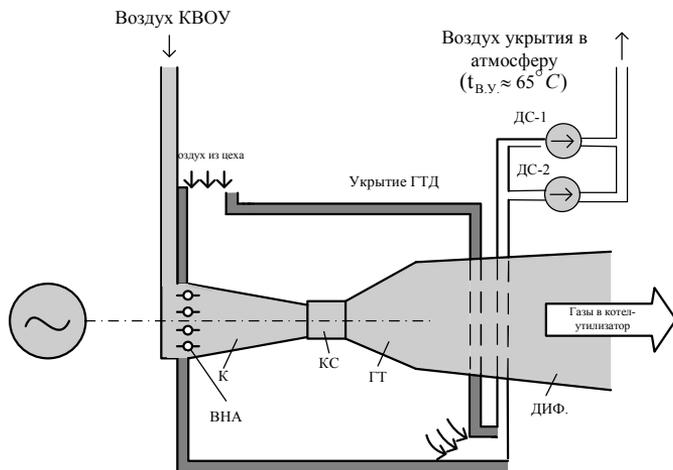


Рис. 3. Схема теплового укрытия ГТЭ-110: К – компрессор; КС – камера сгорания; ГТ – газовая турбина; Диф. – диффузор соединения ГТ с котлом-утилизатором

Генератор ГТУ находится за пределами укрытия. Корпус укрытия представляет собой автономное, защищенное от внешних воздействий, изолированное и шумозащищенное сооружение, смонтированное на платформе турбоагрегата. Панели стен и крыши легко снимаются по отдельности для обеспечения полного доступа к основным компонентам для инспекции и обслуживания, для удаления компонентов с помощью погрузчика или крана. Панели покрыты фибергласовым материалом для шумо- и теплоизоляции, а между всеми панелями установлены прокладки для герметизации и шумоизоляции. В укрытии предусматривается система вентиляции, освещение, система обнаружения и тушения пожара, система обнаружения горючих газов, а также установлен датчик, приводящий в действие сигнализацию при повышении температуры в укрытии.

Размещение оборудования в легко сборном укрытии позволяет создать нормативные условия для обслуживающего персонала при техническом обслуживании и ремонте, а также условия для последующей модернизации и реконструкции оборудования.

Поверхность газовой турбины (ГТ) и компрессора охлаждаются организованным потоком воздуха, поступающим из цеха через верхнюю часть укрытия (рис. 4, а). Вентиляция выполнена приточно-вытяжной.

Холодный воздух в помещение теплового укрытия забирается из помещения ГК. В зимнее время температура в помещении ГК составляет  $\approx +20 \div +30$  °С при открытых фрамугах (окнах). Нагретый воздух из укрытия удаляется дымососом в атмосферу. Производительность дымососа составляет около 100 000 м<sup>3</sup>/ч. Температура нагретого воздуха на выходе из укрытия в данных условиях достигает  $\approx +65$  °С.

В летнее время года температура воздуха в помещении ГК не обеспечивает нормального охлаждения ГТД по проектной схеме. Поэтому в работе находятся два полностью загруженных дымососа теплового укрытия (основной и резервный). Дополнительно, как вынужденная мера, обычно открыты ворота ГК для поступления более холодного воздуха для обеспечения приемлемых условий температурного режима теплового укрытия ГТД. Следует отметить, что при работе только одного ГТУ уже возникает проблема охлаждения укрытия ГТД.

Конструкция теплового укрытия ГТ и компрессора имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Положительной стороной являются мобильность сборки и разборки конструкции ГТУ для проведения ремонтных работ, а также возможность транспортировки в собранном виде компрессора и ГТ на завод-изготовитель. Недостатком данного конструктивного решения являются тепловые потери низкопотенциального

рабочего тела (нагретого воздуха укрытия) в окружающую среду с поверхностей корпусов компрессора и ГТ.

Величину тепловых потерь с воздухом укрытия в окружающую среду можно оценить следующим образом:

$$Q_{YKP} = (W^{YKP} \cdot \rho_{cp} / 3600) \cdot (\rho_{p2e}^{YKP} - \rho_{p1e}^{YKP}) = 1340 \text{ МВт.} \quad (1)$$

Здесь:  $W^{YKP} = 100\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$  – объемный расход воздуха через укрытие;  $\rho_{c,p} = \frac{\rho_{p2e} - \rho_{p1e}}{2} = 1,12137 \text{ кг/м}^3$  – плотность воздуха в укрытии;  $t_{1e}^{YKP} = 20 \text{ °C}$  – температура воздуха на входе в укрытие;  $t_{2e}^{YKP} = 65 \text{ °C}$  – температура воздуха на выходе из укрытия;  $c_{p1e} = 1,0035 \text{ кДж/(кг·K)}$  – изобарная теплоемкость воздуха на входе в укрытие;  $c_{p2e} = 1,00639 \text{ кДж/(кг·K)}$  – изобарная теплоемкость воздуха на выходе из укрытия.

Для более эффективного охлаждения поверхности ГТД, учитывая существование внутри теплового укрытия зон с минимальным отводом тепла от поверхности двигателя по данным исследований [2], нами предлагается использовать разрежение перед ВНА ( $\Delta H \approx 200 \div 300 \text{ мм вод. ст.}$ ) для направления потока нагретого воздуха внутри теплового укрытия в застойную зону внутри теплового укрытия (рис. 4, б).

Таким образом, поток воздуха, поступающий в укрытие, не только равномерно распределится внутри укрытия, но и повысит температуру перед компрессором.

Кроме того, это решение позволит уменьшить разрежение перед ВНА и снизить сопротивление воздухозаборного тракта на пути от КВОУ до первой ступени компрессора.

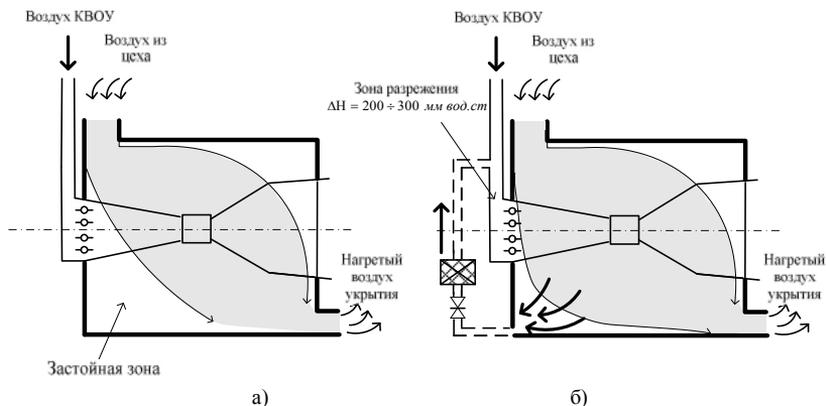


Рис. 4. Принципиальная схема повышения эффективности охлаждения ГТД в тепловом укрытии в зимний период работы: а – существующая; б – предлагаемое решение

В итоге, от дополнительного расхода подогретого воздуха, пропускаемого ВНА, произойдет увеличение степени сжатия, производительности и КПД компрессора; увеличение температуры газов за ГТ, а также мощности ГТ, вследствие повышения расхода рабочего тела и срабатываемого теплоперепада проточной частью ГТ. Это потребует для поддержания температуры газов перед КУ уменьшения расхода топлива.

Эффективность теплового укрытия в летний период работы можно повысить, организовав отбор воздуха на охлаждение в укрытие ГТ непосредственно из атмосферы, а не из помещения ГК, как это предусмотрено проектом. Можно, по опыту крупных ГРЭС [2, 6], в стеновых панелях ГК установить сантехнические калориферы для подачи холодного воздуха в летний период работы и теплого в зимний.

## Выводы

1. Отбор части воздуха теплового укрытия ГТД с подачей его в зону разрежения на вход компрессора позволит повысить эффективность охлаждения корпуса ГТД, снизить сопротивление воздухозаборного тракта от КВОУ до первой ступени компрессора и повысить температуру воздуха перед компрессором.

2. Существующую систему аэрации ГК ПГУ-325 следует рассматривать как энергозатратную и малоэффективную. Целесообразно провести натурные обследования системы вентиляции и отопления ГК и усовершенствовать ее на основе энергосберегающих технологий.

### Библиографический список

1. **РД 34.21.401-90.** Методические указания по испытанию и наладке тепловоздушно-го режима главных корпусов ТЭС. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1991.
2. **Романова, Т.М.** О рациональной системе вентиляции главного корпуса крупной ГРЭС / Т.М. Романова [и др.] // Электрические станции. – 1983. – № 2.
3. **СО 153 - 34.09.210.** (РД 34.09.210). Методические указания по нормированию расходов тепла на отопление и вентиляцию производственных зданий тепловых электростанций: МУ 34-70-079-84: /Утв. Главтехупр. Минэнерго СССР 07.07.84; Разраб. Сибтехэнерго, МГП «Союзтехэнерго»; Срок действия не ограничен. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1984.
4. **СНиП II-58-75** // Электростанции тепловые. – 1976.
5. **Воронков, С.Т.** Тепловая защита для газотурбинных установок электростанций // Промышленная энергетика. – 2001. – № 1.
6. **Энергосбережение** в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: справочное пособие / Л.Д. Богуславский [и др.]; под ред. Л.Д. Богуславского и В.И. Ливчака. – М.: Стройиздат, 1990.