

социальной направленности. Численность работающих в сфере производства товаров уменьшилась с 2 239,2 тыс. в 2000 году до 2 030,3 тыс. чел. в 2005 году, или на 209 тыс. чел. (37,2 %). За этот период доля занятых здесь снизилась с 50,5 % до 46,7 % от общей численности работающих в экономике.

Профессионально-квалификационный дисбаланс спроса и предложения рабочей силы на рынке труда является одним из основных факторов снижения качества трудового потенциала в Республике Беларусь. Решение этой проблемы требует, в первую очередь, изменения структуры и повышения качества системы профессиональной подготовки кадров, ее увязки с реальными потребностями общественного производства. Не менее важная задача – обеспечение наиболее полной сбалансированности профессионально-квалификационной структуры спроса и предложения рабочих мест на локальных рынках труда с учетом перспектив социально-экономического развития регионов.

УДК 621.311

СОБСТВЕННАЯ МИНИ-ТЭЦ ОАО «ЛАКОКРАСКА»

Коховец Н.К.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент СПАГАР И.Н.

В сентябре 2006 года после успешных испытаний была введена в промышленную эксплуатацию отечественная турбогенераторная установка единичной мощностью 250 кВт с паровой турбиной «Двина»

В свете последних событий (нефтегазового конфликта) между Россией и Беларусью, правительству пришлось переосмыслить стратегическую линию развития энергетического комплекса Республики Беларусь и концепцию энергетической безопасности страны. Вопросы, касающиеся энергосбережения, снижения энергетической составляющей в себестоимости единицы продукции стали еще более актуальными и заставили по новому взглянуть на методы и возможные пути реализации программы по снижению энергопотребления, повышая при этом внутренний валовой продукт. Особенно это касается предприятий нефтехимического комплекса, где энергетическая составляющая имеет большую долю в себестоимости единицы продукции.

Во фталевом цехе, где установлена ТГУ, доля энергетической себестоимости составляет около 20 %. Поэтому специалистами прорабатываются различные варианты снижения энергопотребления. Большой потенциал в этой области заложен в технологии производства фталевого ангидрида, в ходе производства которого получают насыщенный пар давлением 6 и 22 кг/см². До недавнего времени этот пар использовался только как источник тепла для собственного производства. Однако это был не самый оптимальный вариант. Для производственных целей тепло такого высокого потенциала не было востребовано, поэтому пар дросселировали до давления 1,5–2 кг/см². Для более полного использования энергии пара и исключения потерь при дросселировании было принято решение о замене редуцирующего устройства паровой турбиной.

Детальная технико-экономическая проработка показала достаточно большую эффективность данного мероприятия. Было принято решение об организации собственной мини-ТЭЦ. В первую очередь было решено установить турбогенераторную установку (ТГУ) на более низкое давление пара (6 кг/см²). В ходе проработки технических вопросов выяснилось, что для таких низких параметров готовой турбины нет, и ее нужно было спроектировать и изготовить в короткие сроки. В ходе проведения тендерных торгов

предпочтение было отдано белорусскому предприятию ООО «НТЦ ЭНОТЕХ», которое предложило самый выгодный вариант по поставке ТГУ. К этому времени ООО «НТЦ ЭНОТЕХ» уже имело практический опыт по изготовлению ТГУ для таких объектов (мини-ТЭЦ) «под ключ».

За самые кратчайшие сроки (в течении четырех месяцев) была спроектирована и изготовлена турбогенераторная установка. Строительно-монтажные работы еще не успели начать, как основное оборудование уже было поставлено на ОАО «Лакокраска». После этого пришлось форсировать темпы строительных и монтажных работ, чтобы ускорить ввод в эксплуатацию мини-ТЭЦ. Генеральный подрядчик, Гродненское монтажное управление ОАО «Промтехмонтаж», успешно справился с поставленной задачей. В августе 2006 года все оборудование было смонтировано и готово для проведения пуско-наладочных работ. Уже в сентябре 2006 года на ОАО «Лакокраска» были проведены приемо-сдаточные испытания и ТГУ Двина была передана в эксплуатацию (рисунок 1).

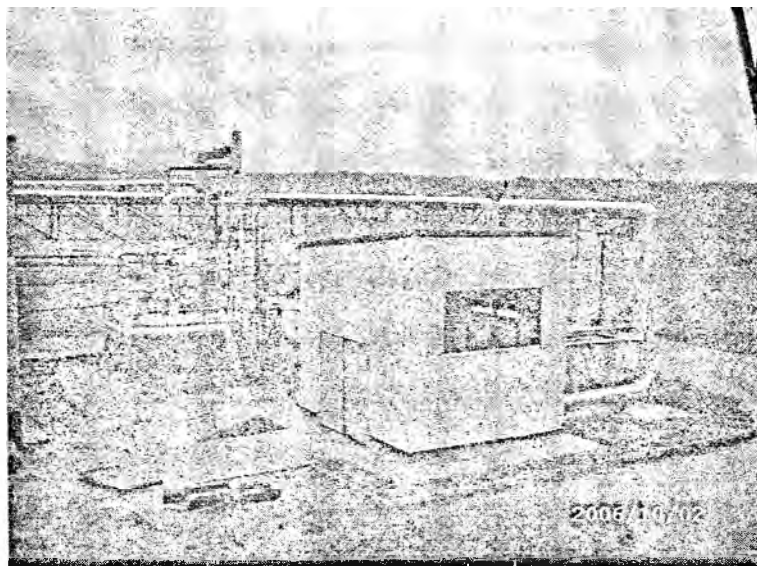


Рисунок 1. Внешний вид турбогенераторной

Принципиальная тепловая схема и техническое описание ТГУ

Насыщенный пар с параметрами $P_0 = 7 \text{ кг/см}^2$ (абс.) и температурой $T_0 = 167 \text{ }^\circ\text{C}$ из коллектора поступает по паропроводу на паровую турбину (Т) (рисунок 2). В турбине пар расширяется до давления $P_2 = 1,3 \text{ кгс/см}^2$ (абс.), после чего подается в «утильную линию» и далее на подогреватель сетевой воды (ПСВ).

Турбина имеет сошловое парораспределение, два регулирующих клапана, что позволяет использовать более эффективно турбину на частичных (малорасходных) нагрузках. Стопорный клапан предназначен для мгновенного отключения подачи пара на турбину при аварийном останове турбины. Обратные клапаны предназначены для предотвращения заброса пара в турбину. Перед турбиной установлены две паровые задвижки, одна из которых электрифицирована ЭПЗ-1. На выходе из турбины установлена электрифицированная паровая задвижка ЭПЗ-2.

Передние и задние концевые уплотнения турбины имеют по две каминные камеры отсоса пара из концевых уплотнений. Отсос пара из концевых уплотнений осуществляет эжектор отсоса уплотнений, рабочей средой которого является прямая «оборотка». Для создания необходимого давления воды перед эжектором установлен насос. Вода после эжектора сбрасывается в дренажный колодец (схема временная). Дренаж турбины заведен в дренажный колодец.

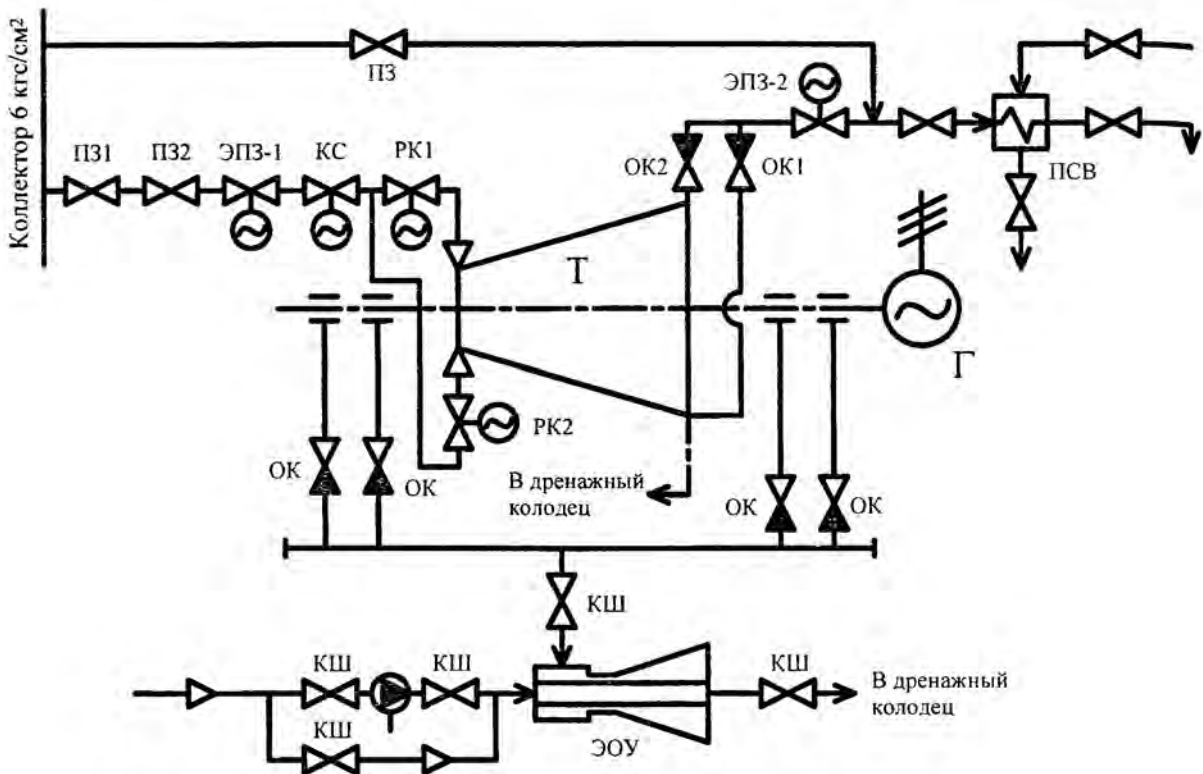


Рисунок 2. Принципиальная тепловая схема ТГУ: Т – турбина; Г – генератор;
ПЗ, ПЗ1 и ПЗ2 – паровая задвижка; ЭПЗ – электрифицированная паровая задвижка;
КС – клапан стопорный; РК – регулирующий клапан; ОК – обратный клапан;
ЭОУ – эжектор отсоса уплотнений; КШ – кран шаровый;
ПСУ – подогреватель сетевой воды

Турбогенераторная установка включает в себя паровую турбину и генератор (рисунок 3), смонтированных на общей раме и представляют собой единый блок. Установка укомплектована паровой турбиной противодавленческого типа. Турбина выполнена на основе ступени давления с повторным подводом рабочего тела. В этом случае на одном рабочем колесе реализована многоступенчатая схема расширения пара.

Конструктивно проточная часть турбины изготовлена так, что оптимальные параметры пара обеспечены на всех участках рабочего колеса. Это обеспечено как конструкцией самой турбины, так и качеством изготовления и монтажа. В турбине, в отличие

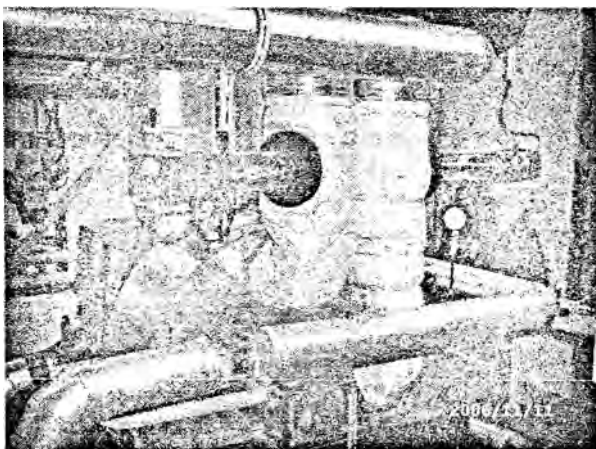


Рисунок 3. Внешний вид ТГУ

от классических энергетических турбин, применены подшипниковые узлы с подшипниками качения. Это позволило упростить систему смазки – в качестве смазки применена консистентная смазка. В классических турбинах используются подшипники скольжения с принудительной смазкой специальными маслами под давлением. Это сложная и пожароопасная система.

Паровая турбина оснащена системой концевых уплотнений в местах выхода вала из корпуса турбины. Сис-

тема значительно снижает протечки пара через указанные зоны. Минимальные протечки пара через концевые уплотнения утилизируются в охладителе уплотнений. В качестве последнего применен струйный пароводяной подогреватель. Расход охлаждающей воды через него не более 15 т/ч при давлении 3–4 кг/см².

В ТГУ установлен генератор асинхронного типа с рабочим напряжением на клеммах – 400 В. Такое решение позволило значительно упростить электрическую схему и снизить стоимость установки. Кроме этого асинхронный генератор не требует дополнительных специальных систем синхронизации генератора при включении в сеть. Синхронизация осуществляется автоматически за счет самой сети. Для упрощения операции включения генератора рекомендуется включать генератор в сеть при частоте вращения ротора ТГУ 3000 ± 2 об/мин.

Турбогенераторная установка оснащена системам управления, контроля и технологических защит, сигнализации и отображения технологических параметров.

Система управления обеспечивает автоматическое управление установкой практически во всем диапазоне работы. Система обеспечивает стабильное поддержание пара на выходе из турбины, регулирует подачу пара, обеспечивая наиболее оптимальный режим ее работы. Система предусматривает возможность управления ТГУ как в полностью автоматическом, так и в ручном режимах. Система управления укомплектована регулирующими клапанами с электрическим приводами фирмы REGARD.

Система контроля и технологических защит обеспечивает останов установки с закрытие стопорного и регулирующего клапанов при:

- повышении частоты вращения ротора турбины сверх номинального значения;
- повышении вибрации подшипников турбины;
- повышении температуры подшипников турбины;
- повышении давления пара за турбиной свыше установленной величины;
- отключении электропитания систем управления;
- при отключении генератора от сети;
- по инициативе оператора – при прочих аварийных ситуациях.

Система защит в качестве исполнительного устройства оснащена стопорным клапаном (СК) конструкции «баттерфляй» с электромеханическим устройством. Кроме этого при аварийном отключении система защит выдает команду на закрытие регулирующего клапана.

Система сигнализации и отображения технологических параметров обеспечивает аварийную звуковую и световую сигнализацию при срабатывании аварийных защит:

- повышенной вибрации подшипников турбины;
- повышении температуры подшипников турбины;
- повышении давления пара за турбиной свыше установленной величины;
- отключении электропитания систем управления.

На щите управления ТГУ отображаются основные технологические параметры работы установки – текущие параметры безопасности (температура, вибрация подшипников турбины, частота вращения ротора), положение и состояние органов управления паровой турбины и генератора, текущие технологические параметры установки – параметры и расход пара, текущее значение мощности.

Системы в базовом исполнении представляет собой двухуровневый программно-технический комплекс (ПТК). Комплекс позволяет осуществлять изменение конфигурации как аппаратно, так и программно. ПТК реализован на базе блока управления и защит БУЗ-0,25, собранного на базе серийного микропроцессора. ПТК позволяет надстраивать систему верхним уровнем на базе серийного персонального компьютера. Указанные системы и блоки совместно с вспомогательной аппаратурой смонтированы в шкафу управления и защит (ШУЗ) ТГУ (рисунок 4).

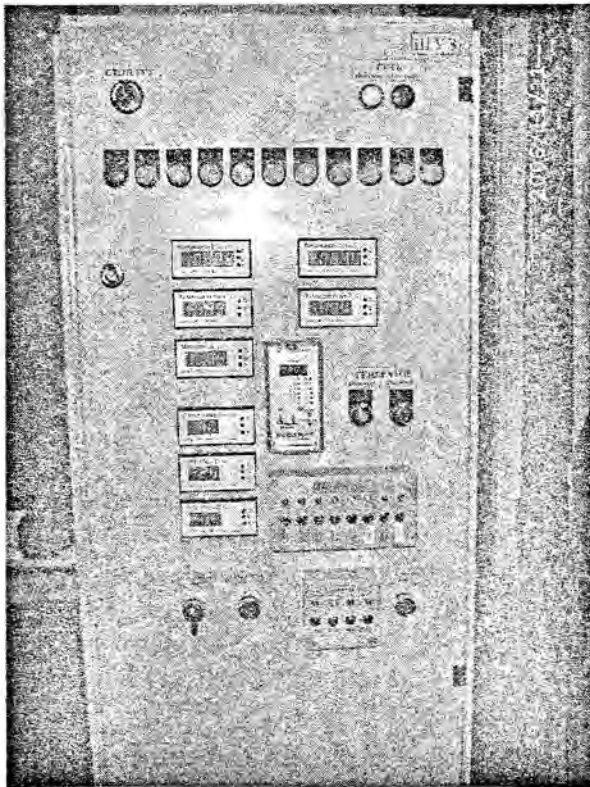


Рисунок 4. Внешний вид ШУЗ

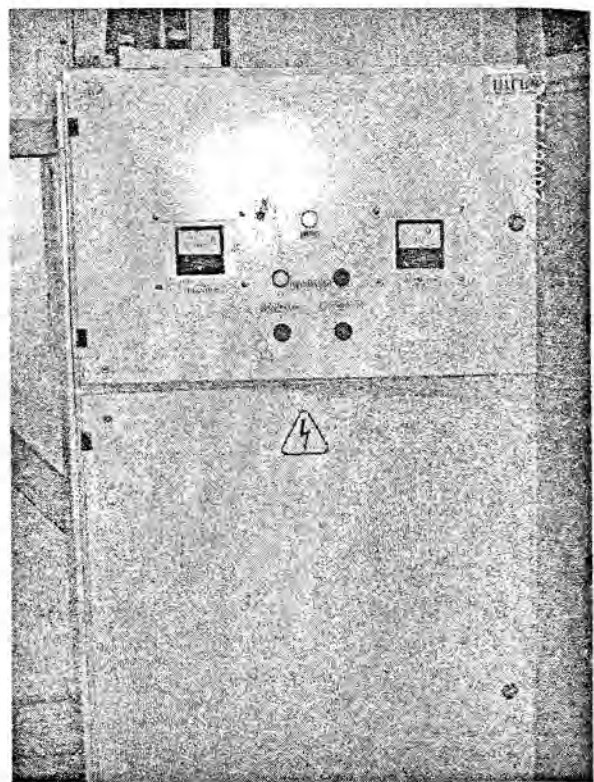


Рисунок 5. Внешний вид ШГВ

Коммутация генератора с внешней электрической сетью осуществляется с использованием аппаратуры, установленной в шкафу генераторного выключателя (ШГВ) (рисунок 5).

В качестве генераторного выключателя применен автоматический выключатель серии АЗ790 с встроенными защитами, что дополнительно обеспечивает защитное отключение генератора в случаях:

- короткого замыкания в сети и подводящих силовых цепях;
- повышения напряжения сверх допустимых пределов;
- перегрузки генератора;
- неполнофазных режимов.

Аппаратура ШГВ включает в себя автоматический выключатель с дистанционным приводом, разъединитель, а также набор коммутационной аппаратуры, необходимой для обеспечения безопасной работы турбогенераторной установки и ее обслуживания. В комплект ШГВ входит преобразовательная и измерительная аппаратура, позволяющая контролировать основные электрические параметры вырабатываемой электрической энергии: напряжение, ток, мощность.

Для учета количества вырабатываемой электроэнергии установлен трехфазный электросчетчик активной энергии (подключение к шинам генератора через трансформаторы тока).

По данным проведения испытаний были получены сводная таблица обработки результатов испытаний и режимная карта-график работы турбогенератора (рисунок 6).

В виду невозможности обеспечения номинального противодействия) $P_2 = 0,3 \text{ кг/см}^2$ (избыточного), максимальная мощность ТГУ была достигнута $N_3 = 105 \text{ кВт}$. Противодействие (избыточном) при этом составило $P_2 = 1,6 \text{ кг/см}^2$, расход на турбину – $D_0 = 5 \text{ т/ч}$ при полностью открытом одним регулирующем клапане.

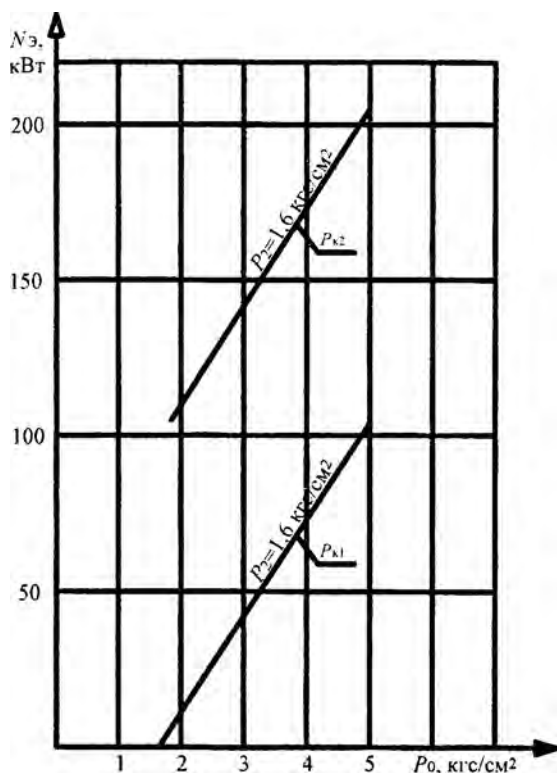


Рисунок 6. Диаграмма режимов ТГУ

В процессе пуско-наладочных работ последовательно устранялись недостатки и замечания. Особое внимание при проведении испытаний было уделено работе защит ТГУ.

При выходе на номинальные параметры пара после установки нового бойлера (сетевого подогревателя) будут проведены новые испытания и скорректирована энергетическая характеристика ТГУ.

После повышения цен на электроэнергию до 11,2 цент/кВт·ч, каждый кВт·ч, выработанный ТГУ позволит сэкономить около 10 центов. При работе ТГУ 7 000 часов в году с номинальной мощностью 200 кВт экономия для предприятия составит порядка 140 000 долларов США.

В ближайшие годы, после введения второй линии фталевого ангидрида, мощность мини-ТЭЦ будет увеличена на 2 МВт за счет установки ТГУ на паре с начальными параметрами 22 кгс/см².

УДК 620.9

ЭКОНОМИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Андилевко М.О.

Научный руководитель – ЧЕРДЫНЦЕВА Л.Р.

Одной из главных целей в области повышения энергетической безопасности Республики Беларусь на период до 2012 года должно стать увеличение доли использования местных энергоресурсов и альтернативных источников энергии до 25 % в производстве тепловой и электрической энергии при обеспечении экономически целесообразных условий их добычи (производства) и потребления, а также соблюдения требуемых экологических условий.

Беларусь располагает запасами собственных топливных ресурсов и определенным потенциалом возобновляемых источников энергии, которые можно вовлечь в энергобаланс как в ближайшие годы (увеличение потребления торфа и древесины, строительство ГЭС, ветроустановок), так и в перспективе (использование бурых углей и горючих сланцев, геотермальных вод, развитие гелиоэнергетики и др.).

Наиболее значимыми в общем балансе местных ТЭР являются нефть и попутный газ, однако из-за исчерпания запасов их добыча будет снижаться. Оптимальным направлением в развитии нефтедобычи является соблюдение условий, когда ежегодные объемы добытой нефти компенсируются ежегодными объемами приростов запасов промышленных категорий. Для Беларуси за последние 5 лет компенсация не превышает 57 %. Характеристика ресурсной базы нефтедобывающей отрасли в Беларуси не по-