

## ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ ЧЕРЕЗ ВНЕДРЕНИЕ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

© 2014 А. С. Клентак, В. В. Бирюк, Д. А. Угланов

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва  
(национальный исследовательский университет)

Поступила в редакцию 20.03.2014

В работе было рассмотрено четыре способа автономного бесперебойного энергоснабжения предприятия: нетрадиционные источники энергии, газопоршневая когенерационная установка и нетрадиционные источники энергии, газотурбинная установка для выработки электроэнергии и миникотельная, когенерационная установка и дизельный генератор.

Ключевые слова: автономное энергоснабжение, предприятие, нетрадиционные источники энергии, газопоршневая когенерационная установка, газотурбинная установка, когенерационная установка, дизельный генератор.

Основными потребителями всех видов энергии и энергоносителей являются промышленные предприятия, а непременная часть любого предприятия – его энергохозяйство. Оно представляет собой совокупность генерирующих, преобразующих, передающих и потребляющих энергетических установок, посредством которых осуществляется снабжение предприятия всеми необходимыми ему видами энергии и использование ее в процессе производства. Кроме того, энергохозяйство включает в себя устройства и системы автоматического управления с их информационным обеспечением, неэнергетические установки, здания, сооружения и ресурсы, обеспечивающие надежную и экономичную работу энергетики предприятия, а также электроосвещение, отопление и топливоснабжение. Энергохозяйство предприятия является не только вспомогательным и обслуживающим производством, но и основой, обеспечивающей нормальное функционирование предприятия.

Важной его частью является система энергоснабжения.

Для большинства предприятий основными видами энергоснабжения являются электро-, тепло- и водоснабжение. Для крупных предприятий, имеющих собственные котельные или электростанции, необходимым является также топливоснабжение. В зависимости от применяемых технологий предприятия могут также нуждаться в

снабжении их воздухом, холодом и продуктами разделения воздуха.

Устройства и установки, предназначенные для снабжения предприятия всеми необходимыми ему видами энергии и энергоносителей, образуют систему энергоснабжения предприятия.

В работе было рассмотрено четыре способа автономного обеспечения энергией предприятия:

- 1) Нетрадиционные источники энергии;
- 2) Газопоршневая когенерационная установка и нетрадиционные источники энергии;
- 3) Газотурбинная установка для выработки электроэнергии и миникотельная;
- 4) Когенерационная установка и дизельный генератор.

### 1. Нетрадиционные источники энергии

В данном варианте обеспечения электроэнергией рассматривалось использование нетрадиционных источников энергии, таких как ветроустановки и солнечные батареи, в свою очередь для обеспечения тепловой энергией предлагается установить солнечные водонагреватели.

Для снижения тепловых потерь предполагается провести утепление стен зданий, что позволит сэкономить до 45% тепла, и установить пластиковые окна, экономия составит еще порядка 50%. Утепление предполагается провести по технологии слоистой кладки, которая состоит из трех слоев: основной несущей железобетонной или кирпичной стены, слоя теплоизоляции дома и третьего внешнего декоративного кирпичного слоя из облицовочного кирпича.

Утепление стен внутри кирпичной слоистой кладки, выполняют применяя утеплитель из минеральной ваты, стекловаты или теплоизоляцию из пенополистирола. Утеплитель для стен из кир-

*Клентак Анна Сергеевна, аспирант кафедры "Теплотехника и тепловые двигатели". E-mail: Teplotex\_ssau@bk.ru*  
*Бирюк Владимир Васильевич, доктор технических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой "Теплотехника и тепловые двигатели". E-mail: Teplotex\_ssau@bk.ru.*  
*Угланов Дмитрий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры "Теплотехника и тепловые двигатели". E-mail: [Dmitry.uglanov@mail.ru](mailto:Dmitry.uglanov@mail.ru).*

пича, дерева или пеноблоков должен иметь толщину, которая обеспечит необходимую теплозащиту. Толщина теплоизоляции определяется теплотехническим расчетом схемы. Расчет толщины учитывает климатические условия места строительства кирпичного дома, функциональное назначение здания, теплотехнические характеристики фасада, кирпичной облицовки, утеплитель и пр.

В качестве нетрадиционных источников энергии для автономного энергоснабжения предприятия были рассмотрены солнечная электростанция и тепловой насос.

*Тепловые насосы.* Ожидаемые мощности тепловых насосов для крупных промышленных предприятий высокой мощности могут составлять от 1 до 20 МВт. В теплообменник будет подаваться имеющиеся на предприятии тепловые утилизационные потоки (требуемая охлаждения обратная вода).

Охлаждаясь до +10°C +15°C обратная вода, тем самым, вводит в насос низкопотенциальное тепло. Нагретое рабочее тело сжимается в компрессоре и с температурой +100...+250°C (в зависимости от первоначальной настройки параметров в ресивере) подается на питательный теплообменник. В этом теплообменнике снимается ровно столько тепла, чтобы параметры в ресивере оставались неизменными. Полученные температуры можно использовать как для отопления и вентиляции предприятия.

Требуемые инвестиции для создания подобной промышленной установки – 50 млн. рублей. Срок создания – 18 месяцев.

Для увеличения аккумуляции низкопотенциального тепла будет произведена реконструкция существующей на предприятии градирни в теплицу (парник) с покрытием из оргстекла. Внешний вид подобной конструкции представлен на рисунке 6.9.

*Автономные солнечные электростанции,* как и любая автономная система, разделяются на две принципиально различных группы:

- а) полностью автономные системы, удаленные от сетей общего энергоснабжения;
- б) системы резервного электроснабжения, работающие параллельно с общей сетью.

Ввиду наличия доступа к сетям общего электроснабжения промышленного предприятия в принципе нецелесообразно использовать полностью автономные системы по причине их дороговизны, обусловленной наличием аккумуляторных батарей (АКБ). Тем не менее, фотоэлектрические модули возможно применить при реконструкции данного объекта в целях экономии электроэнергии, потребляемой из сети, а также автономного или резервного энергоснабжения.

## **2. Газопоршневая когенерационная установка и нетрадиционные источники энергии**

Для покрытия потребности в тепловой энергии предлагается использовать когенерационную установку на базе газопоршневого двигателя.

Когенерационные установки можно успешно использовать на тех объектах, где требуется электроэнергия и тепло, или электроэнергия и холод. Для достижения максимальной эффективности одновременного производства тепла и электроэнергии, нужно принимать во внимание оптимальность их потребления. Если обе энергии требуются одновременно и в соответствующем соотношении, то такая ситуация является идеальной для эксплуатации когенерационной установки. Когенерационные установки очень выгодно устанавливать в качестве главных источников электричества для промышленных предприятий, школ, больниц, торговых центров и др. Тепло, произведенное установками, используется в отоплении этих объектов и обеспечении ГВС. Именно поэтому мы предлагаем именно такой вариант теплоснабжения. Электрическую же мощность будем использовать для частичного покрытия потребности в электроэнергии.

Для автономного энергоснабжения предприятия выбирается промышленная тепло-электро-центральный из 4-х ГПУ Waukesha APG 2000 производства Waukesha Engine Division электрической мощностью 2,1 МВт каждая.

Для обеспечения электроэнергией используем уже ранее рассмотренные ветрогенераторы и солнечные батареи.

## **3. Газотурбинная установка для выработки электроэнергии и миникотельная**

В данном варианте для покрытия потребности в тепловой энергии предлагается использовать миникотельную и предварительно предлагается произвести мероприятия по утеплению здания и замене деревянных окон на пластиковые, аналогично первому варианту.

Для рассматриваемого предприятия было подобрано оборудование, которое способно обеспечить необходимое количество тепловой энергии:

Водогрейные котлы выбираются по рассчитанной ранее суммарной мощности котельной. Для котельной принимается водогрейный котел. Выбранный котел покрывает расчетную тепловую нагрузку потребителей, в летний период котел не работает.

Водогрейные котлы КСВ предназначены для отопления и подготовки ГВС в жилых и административных застройках, промышленных и сель-

скохозийственных объектах с максимальной температурой теплоносителя 115°С.

Для работы котлов также необходимо подобрать 2 циркуляционных насоса.

Насосы циркуляционные служат для создания циркуляции в закрытых системах индивидуального отопления. Такую схему еще называют системой с механическим побуждением теплоносителя.

Циркуляционный насос работает в закрытой системе отопления при определенном избыточном давлении. Избыток теплоносителя — чаще всего воды — образующийся при тепловом расширении, компенсируется специальным устройством — гидропневмобаком.

Применение насосов циркуляционных позволяет весьма существенно снизить диаметры отопительных магистралей, позволяет в широких пределах регулировать подачу теплоносителя, гибко управляя всей системой отопления, выбирая необходимые именно на данный момент режимы.

Осуществим автономное энергоснабжение предприятия на базе электростанции.

В последние годы многие российские предприятия уже построили или планируют создать автономные системы энергоснабжения. Такую систему можно создать также на основе современной газотурбинной установки.

Построение распределенных энергетических систем основано на концепции надежного и эффективного энергоснабжения. Основные положения концепции можно сформулировать следующим образом:

- Генерация электрической и тепловой энергии на местах потребления.
- Быстрая и простая установка и эксплуатация энергетических систем.
- Оперативное расширение производства энергии, не затрагивающее сети.
- Гарантированное качество и надежность энергоснабжения.

- Управление стоимостью энергии — в руках потребителя.

- Максимальная эффективность — создание когенерационных и тригенерационных систем.

- Экологическая безопасность.

В качестве технологической основы для реализации подобной концепции могут использоваться электростанции OPRA DTG-1,8/2GL, которые служат основным источником электроэнергии и ядром когенерационных систем.

В состав электростанции входят турбогенератор, распределительные устройства, системы регулирования, пожаротушения и другие. Турбогенератор состоит из турбины, редуктора, электродвигателя. Дополнительно оснащается системой утилизации тепла для использования в режиме когенерации.

#### 4. Когенерационная установка и дизельный генератор

Когенерация – это совместный процесс производства электрической и тепловой энергии внутри одного устройства – когенерационной установки (мини ТЭЦ). В общем случае когенерационная установка (КУ) состоит из приводного двигателя, электрического генератора, системы утилизации тепла и системы управления. Эффективность полезного использования топлива в когенерационных установках на сегодняшний день самая высокая в теплоэнергетике и достигает 90%, как следствие – низкая себестоимость выработанной электроэнергии .

Для нашего предприятия была выбрана когенерационная установка САТ-400.

Был произведен анализ всех вариантов энергоснабжения и выбран оптимальный.

Капиталовложения на приобретение установок приведены в табл. 1, срок окупаемости – в табл. 2.

**Таблица 1.** Капитальные затраты на осуществление всех вариантов энергоснабжения

Вариант энергоснабжения	Затраты На тепловую энергию, руб.	Затраты На электроэнергию, руб.	Суммарные затраты на энергоснабжение предприятия, руб.
1	6 018 100	241 380 000	247 398 100
2	2 161 055	170 100 000	172 261 055
3	3 572 200	70 000 000	73 572 200
4	2 161 055	10 439 568	12 600 623

**Таблица 2.** Срок окупаемости всех вариантов энергоснабжения

Вариант энергоснабжения	Окупаемость тепловой энергии, лет	Окупаемость электроэнергии, лет
1	6,8	18,7
2	1,7	20,0
3	6,3	2,3
4	1,7	2,4

Каждый из вариантов был рассмотрен с экономической и технической точки зрения. В результате чего выбран оптимальный вариант автономного энергоснабжения предприятия – комп-

лексная система состоящая из когенерационной газопоршневой установка для обеспечения тепловой и электрической энергией и дизельный генератор для электроснабжения.

## **ENERGY OPTIMIZATION IN INDUSTRIAL ENTERPRISES THROUGH THE INTRODUCTION OF AUTONOMOUS SYSTEMS ENERGY SUPPLY**

© 2014 A.S. Klentak, V. V Biryuk, D. A. Uglanov

Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolyov  
(National Research University)

In this paper was reviewed by four autonomous mode uninterruptible power companies: alternative energy sources, gas-piston cogeneration facility and alternative energy sources, the gas turbine plant to generate electricity and miniboiler, cogeneration plant and a diesel generator.

*Key words:* Independent power supply, the company, alternative energy sources, gas-piston cogeneration plant, a gas turbine plant, cogeneration plant, diesel generator.

---

*Anna Klentak, Post-Graduate Student at the Thermotechnics Department. E-mail: Teplotex\_ssau@bk.ru*

*Vladimir Biryuk, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Head at the of Thermotechnics Department. E-mail: Teplotex\_ssau@bk.ru*

*Dmitry Uglanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the of Thermotechnics Department. E-mail: Dmitry.uglanov@mail.ru*