

Виктор ПАНЬКИВ

Когенерация: как это работает

Когенерационные установки не только дорогая высокотехнологичная игрушка для компаний, их использующих. Это дань нашему времени, когда приходится беречь энергоресурсы.

Совместное производство тепловой и электрической энергии практикуется отечественными энергетиками уже давно, поскольку позволяет значительно увеличить эффективность использования топлива. Данный процесс получил у нас название теплофикация. «Заморский» же термин когенерация появился значительно позже. Следует заметить, что оба понятия, по крайней мере для нашей страны, не совсем тождественны, поскольку принцип работы и структура когенерационных

систем схожа на работу паротурбинных теплоэлектростанций (ТЭЦ), но имеет некоторые отличия. В когенерационных установках для выработки тепловой энергии используются выхлопные газы двигателей различного строения, которые через теплообменник отдают энергию в магистраль, а в ТЭЦ для тех же целей используется перегретый пар, нагретый теплом от сжигания топлива в специальных котлоагрегатах.

Хотя следует заметить, в ЕС на эти отличия никто не обращает

внимания, ведь главное, что оба вида энергии вырабатываются одновременно. Поэтому все подобные системы имеют название CHP-plant (Combined Heat and Power plant — завод по совместному производству тепла и электроэнергии).

Предприятия, построенные усилиями государства для производства электрической и тепловой энергии, имеют громадную мощность (тысячи МВт) и способны обеспечивать теплом и светом целые города. Доля данных объектов в энергетике государства весьма существенна (рис. 1).

Три кита когенерации

Главным фактором, заставляющим переходить на альтернативные средства снабжения теплом и электроэнергией, является изношенность тепло- и электросетей, а также низкое качество электроэнергии. Этой альтернативой стали когенерационные установки малой мощности, так называемые мини-ТЭЦ, способные обеспечить тепловой и электриче-

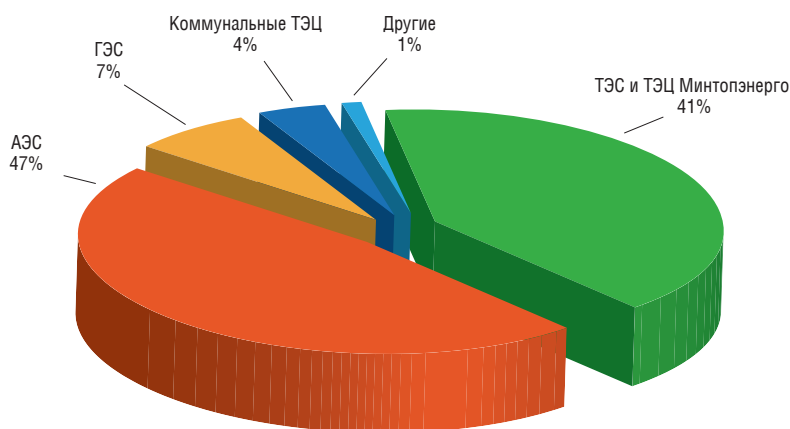


Рис. 1. Распределение мощностей украинской энергетики по данным Министерства топлива и энергетики Украины за 2009 год

Что такое ТЭЦ?

Теплоэлектроцентрали — это тепловые электростанции, вырабатывающие, помимо электроэнергии, тепло в виде пара и горячей воды. Конструктивно единичный энергоблок паротурбинной ТЭЦ состоит из котлоагрегата и турбоагрегата. В первом при сжигании топлива (мазут, газ, уголь) вырабатывается перегретый пар, который затем поставляется в турбоагрегат, где вращает лопасти паровой турбины, которая, в свою очередь, приводит во вращение ротор электрогенератора. Избыточный пар отводится из турбины в теплообменник и служит источником тепла для нагрева воды. Типичная структура ТЭЦ представлена на рисунке.

Различают ТЭЦ промышленного типа — для снабжения теплом промышленных предприятий, и отопительного типа — для отопления жилых и общественных зданий, а также для снабжения их горячей водой.

Физически ТЭЦ могут быть размещены в черте города, хотя это и создает угрозу



Рис. А. Принципиальная схема работы ТЭЦ отопительного типа

здоровью населения близлежащих жилых массивов. Зачастую эти объекты вынесены на определенное расстояние за населенные пункты. Тепловая энергия от промышленных ТЭЦ поступает потребителям через теплотрассы длиной до нескольких километров (преимущественно в виде пара), от отопительных — на расстояние до 20–30 км (в виде горячей воды).

Последний факт, а именно протяжен-

ность теплосетей, является огромным недостатком системы центрального теплоснабжения, когда множество объектов снабжается теплом от единого, пускай мощного источника. С электроэнергией, понятное дело, намного проще, а вот травка, зеленеющая над теплотрассой даже в сильный мороз, служит наглядной иллюстрацией колоссальных потерь в теплосетях.

ской энергией отдельные здания или предприятия.

Различают когенерационные системы на базе газотурбинных и газопоршневых установок, микротурбин. Реже используются двигатели, работающие на дизельном топливе. Еще одним критерием классификации может служить вид топлива. Дело в том, что происхождение газа бывает разным. Среди прочих особо перспективными считаются шахтный метан, биогаз и свалочный газ.

К слову, когенерационные системы используются не только по прямому назначению. В тепличных предприятиях они выполняют роль установки по производству CO_2 для повышения урожайности.

Газотурбинные установки (ГТУ) (рис. 2) сознательно поставлены первыми в списке, поскольку они способны обеспечить наиболее широкий диапазон электрической мощности — от десяти до нескольких десятков мегаватт. В таких установках поток газа,

образованный в результате сгорания топлива, воздействуя на лопасти турбины, создает крутящий момент и вращает ротор, который, в свою очередь, соединен с генератором.

Электрический КПД (доля электроэнергии от общей энергии сгорания топлива) систем подоб-

ного типа может достигать 39%. ГТУ, как правило, вырабатывают в два раза больше тепловой энергии, чем электрической (при этом общий КПД не превышает 90%). Их несомненным преимуществом является возможность работы как на жидком (дизельное топливо, керосин), так и на



Рис. 2. Газотурбинная установка Solar C50 электрической мощностью 4,6 МВт и тепловой 11,05 МВт, общий КПД равен 80%

Таблица 1. Основные мировые производители силовых агрегатов, используемых в когенерационных установках

Производитель силовых установок	Страна	Тип силовой установки	Отечественная компания-дистрибьютор
Caterpillar	США	ГПУ	«Цепелин Украина»
Calnetix Power Solutions	США	Микротурбины	«Мадек»
Cummins	США	ГПУ	«Энерголайн РБК»
FG Wilson	Великобритания	ГПУ	«Мадек»
GE Jenbacher	Австрия	ГПУ	«Синапс»
MWM	Германия	ГПУ	«Немецкие Энергетические Системы»
Tedom ¹⁾	Чехия	ГПУ	«Энергосервисная компания «Энергетическая компания Украины»
Teksan Generator	Турция	ГПУ	«Евродизель»
«Первомайскдизельмаш»	Украина	ГПУ	—

Примечание: ¹⁾ – Компания производит когенерационные установки

газообразном топливе различного происхождения, в том числе низкокалорийном (с содержанием метана меньше 30%). Установки большой мощности можно использовать вместе с паровыми турбинами. В этом случае их электрический КПД достигает 59%.

Газотурбинные установки можно использовать во многих отраслях народного хозяйства, но основные сегменты потребления — это все

же нефте- и газодобывающая сферы, металлургическая промышленность, а также энергетика.

Микротурбинные установки (рис. 3) работают по тому же принципу, что и ГТУ, но имеют меньшие размеры и, соответственно, мощность. Также отличительной чертой когенерационных установок на базе микротурбин является компактность конструкции (рис. 4), что

дает несомненное преимущество при реализации проектов в ограниченном пространстве, например, в зданиях.

Как можно видеть из рис. 4, вся когенерационная система компактно располагается внутри шумозащитного кожуха, наружу выведены только система выхлопа и тепловая магистраль. Электрический КПД, как правило, не превышает 35%, а тепловой равен пример-

А у нас на свалке газ...

Важным фактором внедрения когенерационных установок стала возможность использования альтернативных источников топлива. Среди последних можно выделить биогаз, шахтный метан и так называемый свалочный газ. На эти виды топлива наша страна особенно богата.

Биогаз получают путем анаэробного (без присутствия воздуха) разложения растительных отходов, а также фекальных масс – отходов животноводческих хозяйств или отходов жизнедеятельности населения большого города. Подобные системы активно внедряют за рубежом. Для этого сооружают специальный реактор, в который периодически загружают свежее сырье, а далее все как обычно. **Свалочный газ** – также продукт анаэробного гниения, но уже мусорных отходов.

Имея необъятные просторы мусорных свалок, значительное количество отходов сельского хозяйства и сточных вод больших городов, а также угольные шахты, испускающие метан, зачастую являющийся причиной гибели шахтеров, миллионами тонн в атмосферу, Украина потенциально могла бы значительно увеличить долю когенерации в энергетике и сэкономить дорожающие энергоресурсы. Но все оказалось не так просто.

Система когенерации, работающей на биогазе, нуждается в постоянном заводе значительного количества отходов животноводства, что требует определенных логистических схем, договоров с поставщиками сырья и т. д. Причем, как оказалось, сырье сырьем рознь. К примеру, вскормленные на ускорителях курочки не дают помет нужного состава (не газосносный он ☺). Использование же сточных вод больших городов на данный момент попросту невозможно. О состоянии отстойников и прочей инфраструктуры говорить не будем, и так уже достаточно сказано. Так что и здесь трудностей предостаточно.

Со свалочным газом и того хуже. Ведь для его производства необходимо определенным образом подготавливать свалку.

На первом этапе строительства создается котлован, рассчитанный примерно на двадцать лет использования. На дне котлована укладывается слой глины толщиной в один метр или полиэтиленовая пленка для предотвращения проникновения загрязненных вод в почву. Мусор вносится в котлован порциями в специальные ячейки, соответствующие суточной норме его поступления на свалку. Каждая такая ячейка изолируется глиной от остальных.

После заполнения котлована мусором, его закрывают изолирующим слоем глины, пленкой (для предотвращения травления газа), засыпают землей, сверху высаживают траву. Котлован также дополняется инженерными сооружениями для отвода жидких и газообразных продуктов разложения мусора.

После этого в нем бурятся скважины наподобие используемых в месторождениях газа. Полученный газ передается по трубопроводам на электростанции, котельные, печи обжига, микротурбины и т.д.

За первые месяцы из закрытого котлована выходит в основном, CO₂. Затем начинает выделяться свалочный газ. Данный процесс может длиться от 30 до 70 лет. Но после 25 лет выработка метана начинает сокращаться. А правильно организованный котлован может быть использован повторно.

Но в нашей стране пока не нашлось смельчаков, готовых потратить капитал на подобное предприятие. В общем, альтернативная энергетика пока развивается ни шатко ни валко, и самым перспективным направлением оказалось применение когенерации в ЖКХ и на предприятиях с использованием магистрального природного газа.

но 50%. Максимальная мощность единичного блока составляет около 250 кВт.

Газопоршневые установки (ГПУ) не нуждаются в особом представлении. Это агрегаты, работающие от двигателей внутреннего сгорания, топливом для которых служит газ. Фактически это аналог дизель-генераторных электростанций, которые, кстати, также можно переделать под данный вид топлива.

Электрический КПД газопоршневых установок достигает 40%, что несколько выше, чем у ГТУ, а вот тепловой КПД ниже — 50%. Меньшим является также потолок мощности, который составляет около 9 МВт. Общая схема когенерационной системы на базе газопоршневой установки показана на **рис. 5**.

Тепло в данной системе забирается не только с выхлопных газов, но и из контура охлаждения двигателя, что отсутствует в системах на базе микротурбинных установок.

Преимущества и недостатки

Каждый из перечисленных типов электростанций обладает своими преимуществами и недостатками, которые позволяют использовать их в соответствующи-

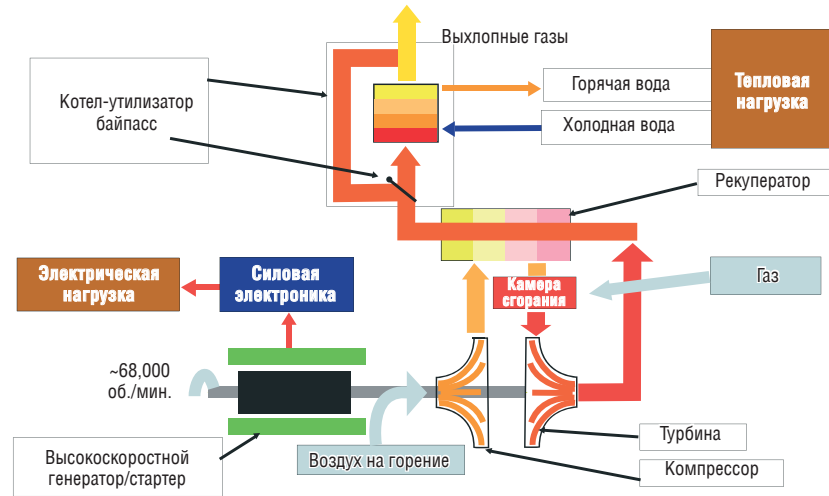


Рис. 3. Схема когенерационной установки на базе микротурбины

х отраслях. Так, газотурбинные электростанции нашли применение преимущественно в тяжелой и добывающей промышленности, где постоянно нужны большие мощности.

Использование данных агрегатов в других отраслях народного хозяйства, к примеру, в коммунальной сфере, не является целесообразным. Негативные факторы — значительный уровень шума и невозможность масштабирования системы. Ведь для коммунальных нужд зачастую достаточно 20–30 МВт (то есть примерно 2–3 ГТУ по 10 МВт). Кроме того, для газотурбинных установок требуется персонал высокой квалификации. Они сложны в обслуживании, требуется

значительное время для ввода системы в эксплуатацию и необходимость остановки в случае поломки или регламентного ремонта, что связано с особенностями рабочего цикла.

Все вышесказанное касается также и микротурбинных установок. Но последние все же используются как для коммунальных нужд, так и в когенерационных системах корпоративных потребителей. Им отдается предпочтение перед газопоршневыми установками, если требуется в основном тепловая энергия и постоянная работа системы.

Самыми востребованными агрегатами для построения когенерационных систем стали газопоршневые установки. Они завоевали



Рис. 4. Микротурбинная установка Capstone C200 электрической мощностью 200 кВт

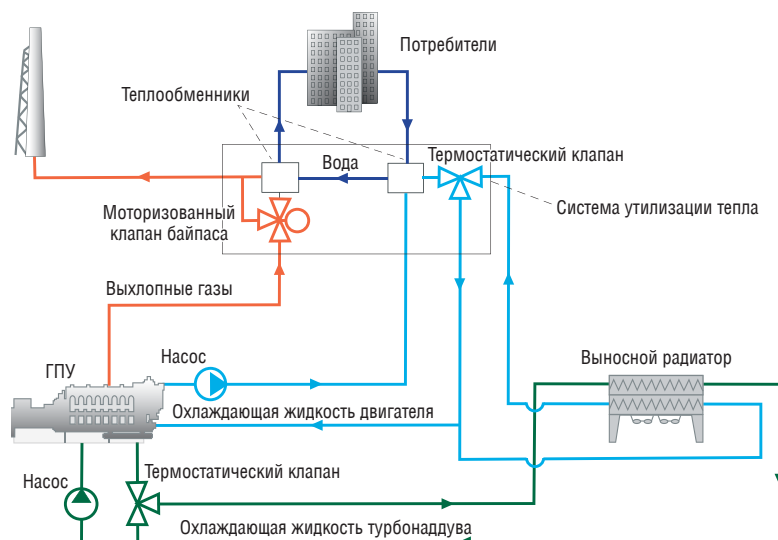


Рис. 5. Общая схема когенерационной установки на базе ГПУ*

* — по материалам предоставленным компанией «Мадек»

Таблица 2. Проекты по когенерации, реализованные основными интеграторами за период с 2002 по 2010 год на территории Украины (начало)

Компания-интегратор / Производитель силовых установок	Комплектация	Электрическая мощность, МВт	Тепловая мощность, МВт	Год инсталляции	Предприятие, на котором инсталлирована когенерационная установка
Control Global/ GE Jenbacher	4x JMS-620	12	13,2	2010	«Кока-Кола Бевериджиз Украина» в пгт Велька Дымерка Киевской обл.
«Мадек»/ FG Wilson	2xPG1250B	2,000	2,500	2004	Гостомельский стекольный завод
	1xPG1250B	1,000	1,250	2004	Броварской тепличный комбинат
	1xPG1250B	1,000	0,800	2005	ТКЭ в г. Хмельнице
	1xPG750B	0,600	0,750	2005	Ужгородский коньячный завод
	1x PG1250B	1,000	0,800	2007	Торгово-развлекательный комплекс в г. Харькове
	3x PG1250B	3,000	2,500	2007	Завод керамической плитки в г. Коростене
	3x P G1250B	3,000	3,500	2009-2011 ¹⁾	Завод одноразовой посуды в г. Прилуки
«Немецкие Энергетические системы»/ MWM	2xTCG 2020 V16	3,000	н.д.	2005	Птицефабрика «Ориль-Лидер», пгт Елизаветовка, Днепропетровская обл.
	1xTCG 2032 V16	4,000	н.д.	2008	«Укргаздобыча» в п. Тимофеевка, Полтавская обл.
	3xTCG 2032 V16	12,000	н.д.	2008 ²⁾	Крюковский вагоностроительный завод, г. Кременчуг
	3xTCG 2016 V12	1,740	н.д.	2009	Павлоградский хим. завод
	6xTCG 2020 V 20	11,058	12,306	н.д. ¹⁾	Проект «Борислав», Львовская обл.
«Синапс»/ GE Jenbacher	1xJMS 616+1xJMS 612	3,400	3,700	2002	Смелянский сахарный комбинат
	24xJMS 620	72,700	70,100	2005 ³⁾	АП «Шахта им. А.Ф.Засядько», г. Донецк
	25x JMS-620	75,000	73,000	2010 ³⁾	Угольная компания «Шахта Красноармейская-Западная №1», г. Донецк
	4xJMS 420	5,700	6,000	2007 ⁴⁾	Ильичевский масложировой комбинат
	2xJMS 320	2,100	2,400	2008	Национальный банк Украины, Фабрика банкнотной бумаги в Малине
	2xJMC 208	0,660	0,720	2010	Завод стройматериалов в с. Красное, Киевской обл.
	1xJMC-312 + 1xJMS-208	0,960	1,100	2009 ³⁾⁵⁾	Молочная компания в с. Великий Крупель Киевской обл.
	5x JMS-420	7,000	7,500	2010	ООО «Сандора» Pepsi Americas, г. Николаев
2x JMS-208	0,660	0,700	2011 ⁴⁾⁶⁾	Полигон ТБО, г. Мариуполь, Донецкая обл.	

популярность прежде всего за счет относительной простоты обслуживания и легкости управления, более низкой стоимости и более высокого показателя полного КПД (сумма электрического и теплового КПД).

Производители и проекты

К началу двадцать первого века выработка большинства энергетических объектов в Украине перевалила за 100% заявленного ресурса. Также призраком впереди замаячил рост цен на энергоносители (в первую очередь на газ и нефть). И все это на фоне роста энергопотребления как предприятиями, так и населением.

Палочкой-выручалочкой в сложившейся ситуации должны бы-

ли бы стать энергосберегающие технологии и альтернативные источники энергии. И если второе всегда было слишком дорого, то энергосберегающие технологии, в числе которых на первом месте стоит когенерация как способ значительного увеличения КПД энергогенерирующих установок, были доступнее. Тем более что отечественное машиностроение имело мощности по выпуску газотурбинных двигателей («Мотор-Сич», «Сумское машиностроительное НПО»), а также серийно переработанных в газопоршневые дизельных установок («Первомайскдизельмаш»).

С появлением спроса на украинском рынке когенерационных систем вскоре появились зару-

бежные производители. Первые проекты были реализованы уже в 2004–2005 годах. К слову, главной особенностью инсталляции когенерационных установок является длительность их реализации. От проекта на бумаге до пуско-наладочных работ проходит от нескольких месяцев до полутора и более лет.

В **таблице 1** перечислены основные украинские компании-интеграторы, которые также являются дистрибьюторами зарубежных производителей силовых установок.

Существует также иной класс интеграторов, которые проектируют и внедряют когенерационные установки на базе оборудования различных сторонних произво-

Таблица 2. Проекты по когенерации, реализованные основными интеграторами за период с 2002 по 2010 год на территории Украины (продолжение)

Компания-интегратор / Производитель силовых установок	Комплектация	Электрическая мощность, МВт	Тепловая мощность, МВт	Год инсталляции	Предприятие, на котором инсталлирована когенерационная установка
«Цепелин Украина»/ Caterpillar	1xG3508+ 1xP3512	1,280	1,630	2004	Агропромышленная фирма в Новой Каховке
	1xG3516	1,030	1,300	2004	Комбинат в г. Харькове
	1xG3516B+ 1xG3520B	2,625	3,160	2009 2010 ¹⁾	ТКЭ в г. Мариуполе
	1xG3508	0,510	0,600	2005	Санаторий в с. Свалява
	1xG3516	1,030	1,300	2004	Завод в г. Симферополе
	1xG3516+ 1xG3520B	2,490	3,070	2004	ТКЭ в г. Ивано-Франковске
	1xG3508+ 1xG3516	1,540	н.д.	2005	Шахта в Луганской обл.
	1xG3520B	1,460	1,760	2005	ТКЭ в Черкассах
	2xG3516	2,060	2,600	2006	Завод в Броварах
	1xG3508	0,510	0,800	2006	Развлекательный комплекс в Кременчуге
	1xG3508	0,510	0,800	2003	Комбинат в Павлограде
	1xG3520B	1,460	1,760	2007	ТКЭ в Одессе
	2xG3516 1xG3508	1,590	1,900	2007 ²⁾	Торгово-развлекательный центр в г. Киеве
	1xG3516B	1,165	1,400	2008 ²⁾	Комбинат
	2xG3516B	2,230	2,800	2008 ²⁾	Торговый центр
	1xG3516B	1,165	1,400	2008 ²⁾	
	1xG3520C	1,950	2,100	2008	Теплица, Киевская обл.
	2x G3508	1,020	1,200	2008	ТКЭ во Львове
	3xG3520C	5,850	7,100	2008	Теплицы в г. Умани
	1xG3508	0,510	0,800	2009	ТКЭ в г. Сетловодске
1xG3520B	1,460	1,760	2009	ТКЭ в г. Севастополе	
3x2000	6,000	6,300	2009 ³⁾	«DW CIS» в Одесской обл.	
1xG3520C	2,000	2,100	2009 ⁴⁾	Завод в г. Донецке	
1xG3516B	1,165	1,400	2009 ²⁾	ТКЭ в Ровно	
«Энергосервисная компания «Энергетическая компания Украины»/Caterpillar	1xC1500 SPTM	1,500	1,500	2006	Завод «Ротор», г. Черкаassy
«Энергосервисная компания «Энергетическая компания Украины»/Caterpillar	2xC1000 SPTM	2,000	2,200	2008	Тепличное хозяйство в Киевской обл.

Примечания: ¹⁾ – Находится на стадии реализации; ²⁾ – В 2008 году установлен первый модуль;

³⁾ – Установлена первая очередь. Вторая очередь ожидается в 2011 году; ⁴⁾ – Идет монтаж; ⁵⁾ – Установка работает на биогазе;

⁶⁾ – Установка работает на свалочном газе; ⁷⁾ С участием отечественной компании пакетиловщика

дителей, а готовые когенерационные системы выпускают под своей торговой маркой. Из зарубежных фирм в качестве примера можно привести чешскую Tedom (официальный представитель в Украине – «Энергосервисная компания «Энергетическая компания Украины»), которая использует газопоршневые двигатели собственного производства, а также Ford и Caterpillar. Еще одна отечественная компания — «Энерго-Альтернатива» — внедря-

ет когенерационные установки на базе газопоршневых двигателей Caterpillar.

Рынок когенерации в Украине находится на этапе становления. Единственным направлением, где отмечены первые успехи, стали мини-ТЭЦ, установленные для нужд коммунальных сетей в некоторых крупных городах (Ивано-Франковск, Черкасы, Одесса, Мариуполь, Светловодск, Харьков), а также проекты, реализованные на предприятиях народного хозяй-

ства. В **таблице 2** представлены некоторые проекты, реализованные на территории Украины за последние восемь лет.

Здесь первенство за предприятиями пищевой промышленности и добывающей отрасли. Отметим успешные проекты построения когенерационных систем на шахтном метане.

Виктор ПАНЬКИВ,
victor@sib.com.ua
СИБ