

# Комбинированное энерго-, тепло- и хладоснабжение административного здания

Лантух Н.Н.

ООО «Теплосервис», г.Киев

Агеева Г.Н.

«НИИпроектреконструкция», г.Киев

Щербатый В.С.

ООО «Технологии третьего тысячелетия», г.Киев

---

*Представлены результаты выбора и технико-экономического обоснования внедрения системы комплексного энерго-, тепло- и хладоснабжения строящегося в г.Киеве многоэтажного административного здания*

Актуальность комплексного подхода к решению проблем энергосбережения для электро-, тепло- и хладоснабжения административных зданий не вызывает сомнения [1].

На примере реального объекта проектирования проведем теоретическое обоснование применения системы тригенерации в современных условиях роста цен на энергоносители в Украине и реальной ситуации выделения лимитов на подключение проектируемых объектов к электросетям большого напряжения в г.Киеве.

Использование в системе когенерации абсорбционных холодильных машин (комплексное решение – строительство миниТЭЦ с технологией тригенерации) позволяет в летний период значительно снизить нагрузку на потребление электроэнергии (в случае классического использования паракомпрессионных холодильных машин – электрических чилеров), а так же рекуперации выбросов тепловой энергии как побочного продукта при производстве электроэнергии когенерационной станцией.

### **Особенности внедрения автономного энергоснабжения**

Для обеспечения энергоснабжения строящегося объекта прежде всего определяются его потребности и оцениваются особенности эксплуатации. Современное административное здание характеризуется следующими особенностями:

- кондиционирование помещений летом и обогрев зимой;
- наличие возможности создания общей системы кондиционирования;
- высокое потребление электроэнергии.

При новом строительстве здания («с нуля») возникает и дополнительная ценовая нагрузка для эксплуатирующих организаций - высокие тарифы на тепло- и электроэнергию.

К сожалению, зачастую данные вопросы решаются путем отдельного обеспечения каждой потребности следующим образом:

1. Строительство котельной и обеспечение её газом для обеспечения потребностей в тепле;
2. Установка промышленных кондиционеров, которые существенно увеличивают электропотребление, для обеспечения потребности здания в холодоснабжении;
3. Для обеспечения электроэнергией - осуществляется подключение к местным электросетям с реализацией дополнительных условий (например, строительство трансформаторных подстанций (ТП) и прокладки ЛЭП за свой счет).

Тарифы на тепло- и электроэнергию росли, растут и будут расти и дальше. В эти тарифы входит как стоимость топлива, так и стоимость выработки энергии из него, а также затраты на передачу тепла (электричества) на расстояние, услуги разного рода посредников, компенсация потерь при передаче энергии на расстояние и т. д., и т. п. Возникает вопрос: а не лучше ли обеспечивать производство теплом и/или электричеством самостоятельно? Как показывают соответствующие расчеты это и проще, и дешевле.

Когенерационная установка как таковая - это миниатюрная теплоэлектроцентраль (ТЭЦ). Однако имеется принципиальное отличие в их работе: коэффициент полезного действия (КПД) ТЭЦ, предусматривающей совместное использование котлов теплоснабжения и дизельного генератора, не превышает 54%, а КПД когенерационных установок достигает 90-92%.

Особенность когенерации заключается именно в том, что получение тепла и выработка электроэнергии осуществляет одна и та же установка, которая представляет собой комбинацию водогрейных котлов и теплоутилизаторов с газопоршневыми установками и газоперекачивающими агрегатами. Двигатель внутреннего сгорания приводит в движение электрогенератор, а тепло системы охлаждения этого самого двигателя, масла и отработанных газов отводится при помощи теплообменников и подается в систему отопления, горячего водоснабжения или кондиционирования воздуха. Именно кондиционирования! Для того чтобы получить холод из тепла, вырабатываемого когенерационной установкой, применяются абсорбционные холодильные машины.

Как показывает практика, при использовании когенерационных установок целесообразно подключение к электрическим сетям. При необходимости, избыток электроэнергии, вырабатываемый когенерационной установкой, подается в эту сеть, а в случае повышения потребляемой электрической нагрузки потребителя выше определенного предела, электричество, наоборот, отбирается из сети.

**Первое преимущество** автономных энергетических установок.

Процесс получения, преобразования и передачи энергии весьма сложен и трудоемок. От его организации на каждом отдельном этапе напрямую зависят затраты конечного потребителя. Транспортировка до места использования больше всего влияет на удорожание энергии. Поэтому для предприятий стоимость тепла и электроэнергии от собственных источников оказывается значительно более низкой, чем при покупке у традиционных поставщиков.

**Вторым** является тот факт, что в случае нового строительства их приобретение, монтаж и наладка могут обойтись дешевле сооружения питающих линий, подстанций и платы за подключение к централизованным сетям. В условиях Украины на стремление абонентов обзавестись собственными источниками энергии влияет также ненадежность централизованных энергетических сооружений и непредсказуемая тарифная политика энергоснабжающих организаций.

Экономия энергоносителей за счет объединенной выработки тепловой и электрической энергии наглядно показана на рисунке 1.

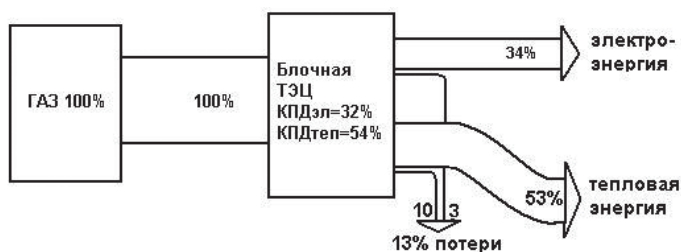
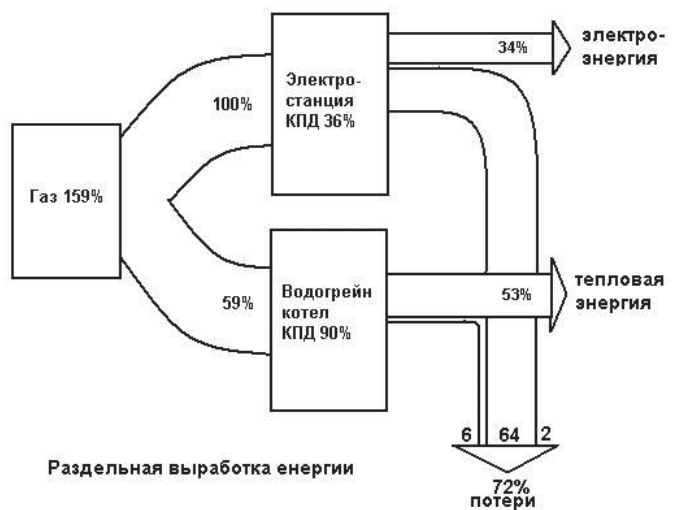


Рисунок 1

Наибольший экономический эффект достигается при совместной выработке на месте потребления электрической и тепловой энергии. Данный процесс получил название когенерации. В этом случае есть возможность использовать бросовую энергию — тепло выхлопных газов и систем охлаждения агрегатов, приводящих в движение электрические генераторы или излишнее давление в трубопроводах. Утилизируемую тепловую энергию можно использовать также для производства холода в абсорбционных машинах (АБХМ). Данный процесс получил название тригенерации.

Комплексное решение - строительство миниТЭЦ с технологией тригенерации.

Сравнительные характеристики 2-х вариантов энергоснабжения объекта приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ вариантов электроснабжения

№ п/п	Вариант энергоснабжения	
	Раздельно	За счет строительства миниТЭЦ
1	<b>Теплоснабжение</b>	
	<p>Теплоснабжение решается путем строительства отдельной котельной.</p> <p>Котельная строится на всю заявленную мощность теплопотребления объекта.</p> <p>Необходимо строительство отдельного здания котельной.</p> <p>В любом случае, необходима прокладка газопровода.</p> <p>При потреблении тепла от централизованной тепломагистрали стоимость тепла выше чем при использовании собственной котельной, и значительно выше по сравнению с миниТЭЦ</p>	<p>Теплоснабжение решается путем утилизации тепла от миниТЭЦ.</p> <p>Утилизация тепла, выделяющегося от работы газопоршневого двигателя, входящего в состав миниТЭЦ.</p> <p>Нет необходимости в строительстве котельной на всю заявленную мощность. Строится значительно меньшая по мощности котельная, покрывающая лишь пиковые нагрузки теплопотребления.</p> <p>Единый газопровод используется для подачи газа для газопоршневых двигателей и для пиковой котельной.</p> <p>Весь энергоблок размещается в едином здании</p>
2	<b>Холодоснабжение и кондиционирование (летний период)</b>	
	<p>За счет работы электрических чиллеров.</p> <p>Необходимость в установке электрических чиллеров значительно увеличивает электропотребление, а значит, и затраты на электричество.</p> <p>Холод, вырабатываемый от электричества - дорог.</p>	<p>За счет работы абсорбционных чиллеров.</p> <p>Летом, когда потребность в тепле значительно снижается, а потребность в холодоснабжении увеличивается, бесплатное тепло, вырабатываемое газопоршневой электростанцией, доставляется в абсорбционный чиллер, вырабатывающий холод. Данный процесс и называется «тригенерацией».</p> <p>Электропотребность объекта значительно уменьшается (до 65%), т.к. нет необходимости установки электрических холодильных систем.</p>

№ п/п	Вариант энергоснабжения	
	Раздельно	За счет строительства миниТЭЦ
3	<b>Электроснабжение</b>	
	<p>Электричество поставляется от централизованной магистрали.          Потребность в электричестве больше (за счет электрических чиллеров).          Высокая стоимость подключения.          Высокие тарифы.          Низкое качество энергообеспечения.          Необходимость в строительстве ТП и ЛЭП.          Необходимость выполнения дополнительных требований и лимитов</p>	<p>Электричество вырабатывается на собственной миниТЭЦ.          Потребность в электричестве меньше (до 65%, за счет абсорбционных чиллеров).          Стоимость строительства миниТЭЦ меньше стоимости подключения.          Собственный источник энергии высокого качества и надежности</p>

С технологической точки зрения тригенерация - соединение когенерационной установки с АБХМ.

Утилизированная тепловая энергия когенерационной установки поступает в АБХМ, где термохимическим способом преобразуется в теплоноситель с температурой около  $+7^{\circ}\text{C}$ .

Кроме того, если из сбросного тепла можем получить холод, значит, этот холод не нужно получать на компрессионных машинах, которые потребляют электроэнергию. Следовательно, снижается требуемая электрическая мощность (рисунок 2).

Схема тригенерации приведена на рисунке 2.

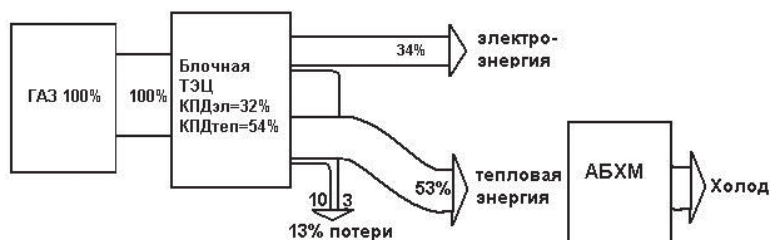


Рисунок 2. Объединенная выработка тепловой, электрической энергии и холода (АБХМ) - тригенерация

К преимуществам абсорбционного охлаждения по сравнению с компрессорным следует отнести:

- работа на более дешевой тепловой энергии,
- абсорбционное охлаждение тихое, простое и надежное.

Абсорбционные холодильные машины в связке с КППЭС смогут существенно снизить затраты на холодоснабжение и сократить инвестиции в миниТЭЦ, т.к. получается система энергоснабжения с высоким КПД и практически полным использованием теплоты сгорания топлива.

Абсорбционная техника есть в линейке продукции большинства лидеров климатической индустрии, представленных на отечественном рынке, среди которых производители оборудования торговых марок *Carrier, York, Trane, Sanuo* и др. Но, к сожалению, продвижение этого вида техники явно уступает зарубежным темпам.

В связи с ростом цен на энергоносители специалисты всегда предлагают в проекте вариант холодоснабжения по абсорбционной технологии, но инвестор не всегда готов согласиться с этим решением. Одна из причин – боязнь сложности эксплуатации абсорбционного оборудования. Хотя нельзя не отметить, что механических комплектующих, которые являются основными источниками аварийности холодильных машин, в АБХМ на порядок меньше, чем в парокompрессионных установках. Соответственно, риск аварии или поломки у АБХМ ниже.

Малое применение АБХМ в Украине связано с бытующим легкомысленным отношением к энергоносителям, доступности электроэнергии и возможностям сбрасывать тепло в атмосферу. Поскольку первоначальные затраты на холодильную систему при абсорбционном охлаждении выше, то инвестор часто выбирает электрические системы, не думая о том, что разница в цене будет погашена за счет разницы в эксплуатационных расходах за 2-3 года.

Рассматривая варианты холодоснабжения, необходимо учитывать проблемы электроснабжения, ведь для обычных парокompрессионных машин требуются мегаватты электрической мощности. Именно поэтому абсорбционная холодильная машина часто становится единственным выходом хладоснабжения.

Проблема даже не в цене электроэнергии, а в возможности и стоимости подключения к сети.

При использовании АБХМ все инвестиционные затраты составит только стоимость машины.

По сравнению с парокompрессионным оборудованием стоимость АБХМ равна или выше, но, учитывая платежи за подключение к энергоносителям, капитальные затраты получаются ниже. Соответственно, о сроке окупаемости говорить уже некорректно. Что касается эксплуатационных издержек, то АБХМ – бесспорный лидер.

В среднем на 1 кВт электроэнергии когенератор вырабатывает до 1,6 кВт тепла, выброс которого «на воздух» существенно снижает КПД установки. При этом решать проблему эффективной утилизации вырабатываемого тепла приходится и зимой, и летом. Абсорбционные холодильные машины в связке с КГУ смогут существенно снизить затраты на холодоснабжение и сократить инвестиции в миниТЭЦ, так как получается система энергоснабжения с высоким КПД и практически полным использованием теплоты сгорания топлива.

Абсорбционные кондиционеры для выработки холода потребляют не электрическую, а тепловую энергию и используют энергоносители трех видов (природный газ, горячую воду, перегретый пар). Для последних видов подразумевается утилизация сбросного тепла местных энерго- или технологических установок. При отсутствии компрессора потребление электроэнергии минимально: только на привод насосов и работу системы управления. Причем полностью исключено использование фреона, который заменен водой. Основными поставщиками такой техники являются *Sanyo, Daikin, Carrier, York*.

Рассматривая варианты решения проблемы холодоснабжения, нужно в первую очередь учитывать, как решены вопросы тепло- и электроснабжения. Проблема теплоснабжения крупных объектов решается обычно путем устройства автономной котельной. Решение же проблемы электроснабжения, а речь идет о мегаваттах электрической мощности, решается крайне сложно и дорого. В случае, если объект оснащается автономной газовой котельной, для систем холодоснабжения с требуемой холодопроизводительностью 550 кВт существует альтернативное решение – АБХМ.

Первым и основным преимуществом АБХМ является то, что она не потребляет электроэнергию на реализацию холодильного цикла. Электроэнергия расходуется только на перемещение сред – работу насосов и вентиляторов. В данном случае дело не в том, что электроэнергия дорога для потребителя, а в том, возможно ли подключение к сети, и если возможно, то стоимость «подключения к сетям» АО «Киевэнерго» (в отдельных случаях доходит до \$ 1000 за 1 МВт).



Выше отмечалось, что АБХМ работает на горячей воде, подаваемой от КГПЭС, которая обычно в теплый период времени года нуждается в сбросе тепла. Работа АБХМ повышает коэффициент загрузки КГПЭС, снижая, таким образом, срок ее окупаемости, что в свою очередь повышает эффективность вложенных инвестиций.

Кроме того, АБХМ отвечают требованиям протоколов Монреаля и Киото, т.е. не способствуют разрушению озонового слоя и глобальному потеплению т.к. в абсорбционных машинах не используются хладагенты, утечка которых является причиной разрушения озонового слоя.

Рассмотрим строящийся объект – многоэтажное административное здание.

### **1. Исходные требования к энергоисточнику**

Согласно техническому заданию Заказчика для энергообеспечения объекта требуется:

- 1) электрическая мощность – до 1650 кВт;
- 2) тепловая мощность – до 2,07 мВт (1,78 Гкал/ч), в т.ч.:
  - отопление – 0,92 МВт,
  - горячее водоснабжение – 0,3 (0,15 среднее) МВт;
  - вентиляция – 1,0 МВт;
  - охлаждение – 0,55 МВт.

Электрическая нагрузка – коммунальная, энергоснабжение здания и инфраструктуры бытового обеспечения.

### **2. Обоснование выбора оборудования**

В соответствии с данными, представленными Заказчиком, расчетная мощность потребителей комплекса составляет 1650 кВт.

Маркетинговые исследования рынка оборудования по системам когенерации (КГПЭС), газовым котлам, парокомпрессионным и абсорбционным холодильным машинам (АБХМ), сравнение технических и ценовых параметров (торговых марок *Carrier, York, Trane, Sanyo, FG Wilson, Viessmann*) позволили предложить следующее оборудование.

Для энергообеспечения объекта предлагается строительство ТП на 850 кВт и когенерационной газопоршневой электростанции (КГПЭС) с ГПУ типа G 3516 мощностью 800 кВт в шумоглушащем кожухе для размещения в помещении с системой утилизации теплоты двигателя (от рубашки и маслоохладителя).

Для покрытия пиковых нагрузок теплотребления строится значительно меньшая по мощности котельная (два водогрейных котла по 500 кВт *Vitoplex 100 PV1*).

Единый газопровод используется для подачи газа для газопоршневых двигателей и пиковой котельной.

Для покрытия нагрузок на кондиционирование предусматривается установка АБХМ - абсорбционного чиллера - теплоутилизатора *SANYO TSA-LE-12-F*, утилизирующего тепло горячей воды от КППЭС, мощностью охлаждения 2х275 кВт. Технические и эксплуатационные характеристики АБХМ *TSA-LE-12-F* приведены в таблицах 2, 3.

Таблица 2. Основные характеристики КППЭС

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Величина
1	Тип КППЭС		<b>ЭА-1000К</b>
2	Производитель ГПУ		<i>Caterpillar</i> , США
3	Номинальная мощность генератора	кВт	1030
4	Полезная выработка электроэнергии (80% от номинальной)	кВт	800
5	Мощность тепловая	(Гкал/ч)	1,13
6	КПД электрический	%	31,6
7	КПД тепловой	%	54,2
8	Общий КПД	%	85,7
9	Топливо		Природный газ
10	Давление газа	кгс/см <sup>2</sup>	0,1 - 4,1
11	Расход газа	нм <sup>3</sup> /ч	274
12	Уровень звука:		
	- на расстоянии 1 м от шумоглушающего кожуха	дБА	77
	- на выхлопе после глушителя		74

### 3. Экологические показатели

Предусмотренное к размещению на когенерационной ГПЭС основное оборудование – современные газопоршневые установки *G 3516* компании *Caterpillar* - полностью удовлетворяют общемировым экологическим требованиям.

Выбросы наиболее токсичного загрязняющего вещества - оксидов азота  $NO_x$  - составляют не более 250 мг/нм<sup>3</sup>, что в 2 раза ниже европейских норм *TA-LUFT*, согласно которым эмиссия оксидов азота нормируется на уровне 500 мг/нм<sup>3</sup>.

Таблица 3. Основные характеристики энергоисточника

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Величина
1	Количество ГПУ	шт.	1
2	Установленная мощность:		
	- электрическая	кВт	800
	- тепловая	Гкал/ч	1,13
3	Вид теплоносителя		Горячая вода по графику 90/70 °С
4	Расход природного газа	нм <sup>3</sup> /ч	270
5	Годовая выработка электрической энергии	кВт·час	6 400 000,00
6	Годовая выработка тепловой энергии	Гкал	9 040,00
7	Годовой расход топлива	тыс. нм <sup>3</sup>	2 303 640,0

Согласно действующему нормативу – ГОСТ 51249-99 [2] предлагаемое основное оборудование – ГПУ типа G 3516 является полностью экологически чистым, норматив удельных средневзвешенных выбросов оксидов азота NOx для промышленных дизелей выпуска после 1999 г. должен составлять до 10 г/кВт·ч. Газопоршневая установка G 3516 имеет удельный выброс NOx на уровне 1,3 г/кВт·ч, что практически в 8 раз ниже украинских экологических требований.

На расстоянии 50 м от здания ГПЭС уровень звука от газовыхлопа ГПУ снизится до 45-50 дБА, что соответствует уровню шума на территории больниц, санаториев и в жилой зоне в ночное время.

Расчетный срок окупаемости (при условии цены на газ \$310) для системы когенерации та абсорбционной холодильной машины (СКАХМ) + 2 котлов 450 кВт; трансформаторная подстанция ТП800 (по сравнению с базовым вариантом газовой топочной (трансформаторная подстанция ТП+котельная (котел 1000 кВт (2) + кондиционер 550 кВт)) составит **2,8 года**.

При условии европейской цены на электроэнергию порядка 18-20 центов за кВт·ч расчетный срок окупаемости системы когенерации та абсорбционной холодильной машины (СКАХМ) + 2 котлов 450 кВт; газовой топочной: ТП+котельная (котел 1000 кВт (2); кондиционер 550 кВт составил **0,7 года**.

Важно отметить, что в современных условиях аналогичный подход к выбору систем комплексного инженерного обеспечения многоэтажных здания не является единичным.

Перечень ссылок

1. **Україна. Закон 05.04.2005 №2509-IV** Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу// Відомості Верховної Ради України. – 2005. - №20. - Ст.278.
2. **ГОСТ 51249-99** Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Выбросы вредных веществ с отработанными газами.

Получено 15.09.09