

Латыпов Рашид Маратович,

студент магистратуры,

Волков Михаил Александрович,

доцент,

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,

г. Казань, Республика Татарстан, Россия

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА МИНИ-ТЭЦ (мини-теплоэлектроцентралях)

В статье представлены особенности выбора оборудования для мини-теплоэлектроцентралей, особенности применения данных источников энергии в условиях современной энергетики России. Рассмотрен вопрос эффективности автономных источников энергии по сравнению с обычными электростанциями с комбинированным производством электроэнергии и тепла. Проанализированы преимущества и недостатки эксплуатации рассматриваемых объектов энергоснабжения потребителей.

Ключевые слова: мини-ТЭЦ, когенерация, теплоснабжение, электроснабжение

В современной энергетике Россия испытывает дефицит электроэнергии в связи с достаточно активным ростом промышленности и высокой изношенностью оборудования существующих электростанций. Сегодня перед потребителями часто встают проблемы недостаточного электро- и теплоснабжения, постоянного роста тарифов на потребление электричества и тепла. Эти проблемы можно решить путем строительства мини-ТЭЦ с технологией когенерации. Данная технология позволяет достичь высоких показателей экономичности малой электростанции при комбинированном производстве электроэнергии и тепла, а также снизить потери на линиях электропередач и тепловых сетях при сооружении источников энергии вблизи потребителя. Также представляется целесообразным подключить к решению поставленных задач и самих потребителей электрической энергии, привлекая

их, прежде всего, к инвестированию в строительство объектов малой энергетики.

Мини-ТЭЦ (малая теплоэлектроцентраль) – это энергоагрегат, предназначенный для комбинированной выработки тепла и электричества и обеспечения этой энергией потребностей (как правило, определенного потребителя). Мини-ТЭЦ представляет собой компактную электростанцию, которая производит одновременно электрическую и тепловую энергию. Это объединение двух технологий: когенерации и малой энергетики. Стремление к максимальному использованию энергии первичного топлива за счет совместного производства тепловой и электрической энергии является основным принципом когенерации [4, с. 12].

Как известно, существует несколько основных типов агрегатов, при помощи которых функционируют мини-ТЭЦ. Это могут быть газопоршневые, газотурбинные или дизельные двигатели. Применение ГПУ (газопоршневая установка) и ГТУ (газотурбинная установка) малой и средней мощности на мини-ТЭЦ – наиболее вероятный путь выработки электроэнергии. Для практической реализации таких быстрокупаемых проектов требуются сравнительно небольшие капиталовложения. Себестоимость энергии высокоэкономичных мини-ТЭЦ значительно ниже, чем себестоимость энергии устаревших газо- и паротурбинных электростанций.

ГПУ рассчитана на работу на различных составах природного газа, включая попутный газ и биогаз. Особенностью таких установок является высокая производительность и пониженное содержание вредных веществ в выхлопе по сравнению с дизельными установками. Газопоршневые установки используются для выработки как электроэнергии, так и тепловой энергии путём утилизации тепла выхлопных газов и антифриза, охлаждающего двигатель.

По сравнению с турбинным, газопоршневой генератор ничем не отличается от двигателя внутреннего сгорания. Принцип работы всё тот же: топливо расширяется при сгорании и передаёт поршню энергию. Последний приводит в движение коленвал, а от него энергия передаётся генератору. По

сравнению с дизельной установкой, газопоршневая предъявляет определённые требования к прочности различных составляющих в строении самого двигателя. Также очевидным различием считается топливо.

При работе газотурбинного двигателя используется газоздушная смесь, при горении которой температура раскалённого газа находится в пределах от 900 до 1200°С. При расширении газоздушной смеси энергия передаётся лопастям турбины и далее через вал на генератор. Газотурбинные установки также позволяют утилизировать тепло выхлопных газов [1, с. 22-23].

Автономные источники энергии работают по принципу когенерации, и тригенерации – одновременная выработка электрической и тепловой энергии, а также холода (рис. 1). На базе этих систем могут использоваться как двигатели внутреннего сгорания (ДВС), так и турбины, работающие как на жидком, так и на газообразном топливе. В данном случае они оборудованы системами комплексной утилизации теплоты (СКУТ), которые утилизируют теплоту выхлопных газов, теплоту охлаждающей жидкости, моторного масла и надувочного воздуха. Данные установки представляют собой комбинированную электротеплостанцию или мини-ТЭЦ. При этом соотношение электрической мощности, вырабатываемой генератором электростанции с ДВС, и тепловой, вырабатываемой СКУТ, составляет в среднем 1/1,2. Для мини-ТЭЦ, работающей на базе турбины, это соотношение может составлять 1/2...1/3. Для объектов малой энергетики, расположенных на территории России, всегда имеет место преобладание тепловых нагрузок над электрическими, причем согласно результатам энергетических обследований тепловые нагрузки превышают электрические в 1,5...5 раз. Таким образом, тепловой энергией, вырабатываемой СКУТ на мини-ТЭЦ, как правило, недостаточно для обеспечения теплоснабжения всех потребителей в соответствии с графиком нагрузки. Поэтому в состав комбинированных систем энергоснабжения включены источники теплоты. В большинстве случаев СКУТ мини-ТЭЦ и котельная установка объединены в общую тепловую схему.

Комбинированные энергостанции обладают высоким КПД, достаточно надёжны и безопасны.

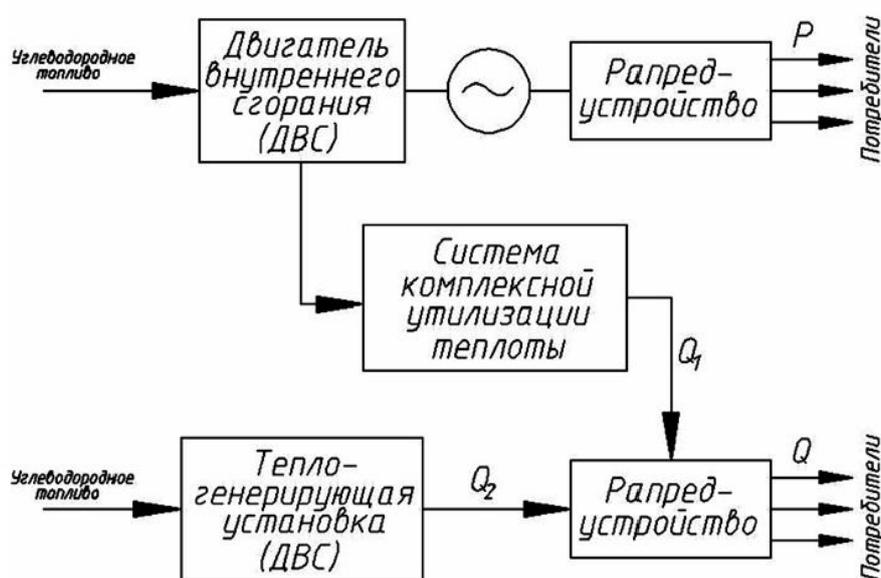


Рисунок 1 – Комбинированные системы [2, с. 13]

Также существуют сложнокомбинированные (поливалентные) системы – это энергетические установки на базе нетрадиционных источников электрической энергии и теплоты (рис. 2). Как правило, они состоят из двух частей: мини-ТЭЦ на базе ДВС или турбинной установки и энергетической установки на базе ВИЭ, которая использует возобновляемые энергетические ресурсы – ветер, солнце, воду и т.п. При этом мини-ТЭЦ является основным источником энергии, который обеспечивает надёжное энергоснабжение потребителей в любой момент времени и при любых параметрах внешних условий, а энергетическая установка на базе ВИЭ является дополнительным источником энергии, включение которого при определённых параметрах возобновляемых ресурсов (скорость ветра, напор водного потока и т.п.) позволяет вывести из действия все или часть установленных мощностей мини-ТЭЦ, что способствует экономии углеводородного топлива и ресурса источников энергии. Однако следует учитывать то обстоятельство, что из-за непостоянства параметров возобновляемых источников они вырабатывают «некачественную» электроэнергию, которая не может быть использована для

питания потребителей без включения в схему специальных дорогостоящих преобразовательных устройств – выпрямителей и инверторов. С точки зрения экологической безопасности, поливалентные системы наиболее приемлемы. С другой стороны, они дороги, а также сложны в эксплуатации, что требует подготовки высококвалифицированного персонала.

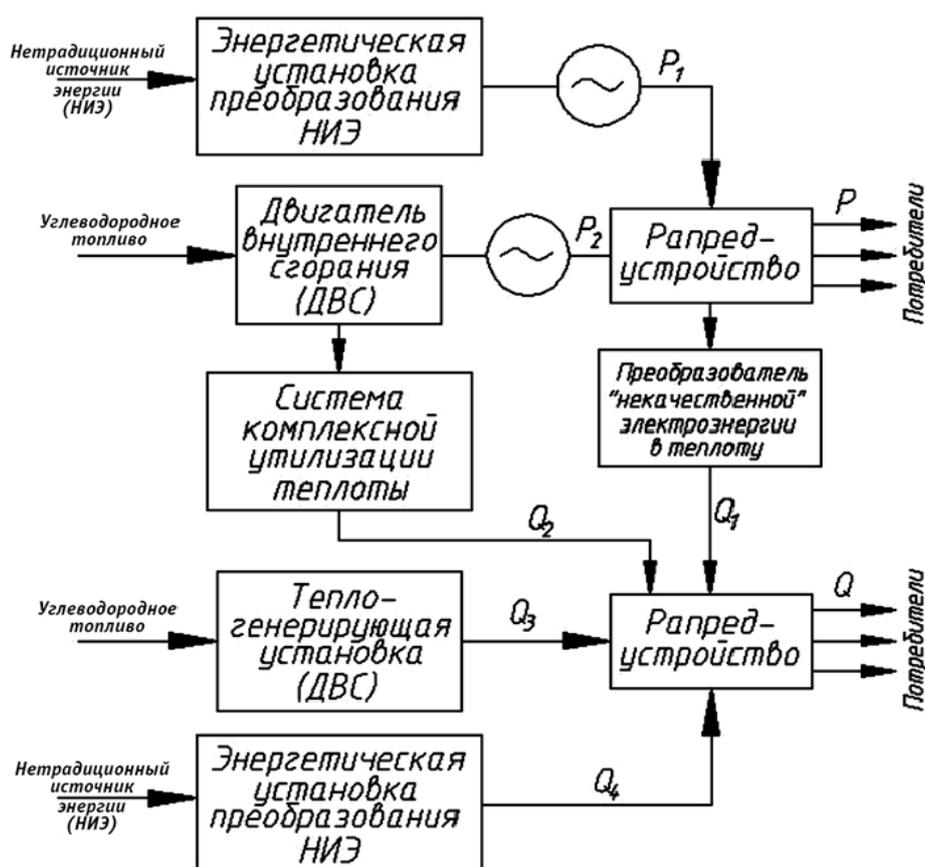


Рисунок 2 – Сложнокombинированные (поливалентные) системы [2, с. 14]

Мини-ТЭЦ могут сооружаться в качестве следующих источников питания:

- основного – на предприятиях, расположенных в удалённых районах или питающихся от маломощных энергосистем, а также на предприятиях при наличии специальных требований к бесперебойному питанию; на вновь построенных предприятиях, для которых экономически целесообразно подключение к энергосистеме РАО «ЕЭС России», для новых жилых микрорайонов;

- дополнительного – на существующих предприятиях с непрерывными технологическими процессами в дефицитных в части электроэнергии регионах, а также на предприятиях, имеющих сбросные вторичные энергоресурсы (различные сбросные газы, отходы нефтепродуктов, древесины и т.п.);

- резервного – на существующих или вновь строящихся предприятиях, длительный перерыв в электроснабжении которых может привести к взрыву, пожару, массовому браку продукции или выходу из строя сложного оборудования, электронной техники, и на предприятиях обороной промышленности; в этом случае экономически целесообразно бывает строительство мини ТЭЦ как основного.

Основное преимущество систем на основе газопоршневых аппаратов (ГПА) и газовых турбин (ГТ) заключается в том, что они могут полностью обеспечить энергетические нужды предприятия. Системы могут работать по двум принципам:

1. Когенерации – одновременная выработка электрической и тепловой энергии, при этом КПД может достигать порядка 85-90% в холодный период времени и 60-65% в теплый период времени.

2. Тригенерации – когда в тёплый период времени тепло отработанных газов идёт на выработку холода и для обеспечения нужд предприятия горячей водой. Основным критерием для выбора мини-ТЭЦ является электрическая мощность. На втором месте стоит тепловая мощность. Третье место занимает холодопроизводительность мини-ТЭЦ [2, с. 13-14].

Рассмотрим в качестве примера показатели финансово-коммерческой эффективности проекта сооружения электростанции в поселке Нижний Архыз (Карачаево-Черкесия) с использованием мини-ТЭЦ типа АГ315-Т420-1РК-МТ (Таблица 1) в 2008 году:

- объем капитальных вложений в ценах на 01.01.2008 года – 12,82 млн. рублей;

- полный требуемый объем инвестиций с учетом инфляции, средств на обслуживание кредитов и резерва на оборотный капитал – 14,73 млн. руб.;

Структура инвестиций:

- собственный капитал, 12% – 1,77 млн. рублей;
- заемный капитал (кредит банка на 5 лет под 13%), 88% – 12,96 млн. рублей;

- чистый доход за расчетный период на инвестиционные затраты – 205,0 млн. рублей, что превышает расчетный объем капиталовложений в 16 раз;

- чистый дисконтированный доход на инвестиционные затраты (NVP) – около 70 млн. рублей, что превышает объем капиталовложений более чем в 5 раз и определяет высокий индекс доходности – 6,1, существенно превышающий единицу.

- внутренняя норма доходности (IRR) для инвестиционных затрат – более 40%, что значительно выше принятой в расчетах максимальной ставки дисконтирования – 10%, благодаря чему обеспечивается высокий запас устойчивости проекта; для собственного капитала внутренняя норма доходности имеет сверхвысокое значение – 222% при NPV = 70,2 млн. рублей;

- дисконтированные сроки окупаемости (PBP), характеризующие период полного возврата инвестиций, не превышают 3,7 года для инвестиционных затрат в целом, а для собственного капитала инвестора составляют 1,6 года;

- чистый доход бюджетов всех рангов за срок службы мини-ТЭЦ составляет 279 млн. рублей, а интегральный бюджетный эффект в исходных ценах (БИНТ) – 49,4 млн. рублей;

- себестоимость получаемой на мини-ТЭЦ электроэнергии в ценах на 01.01.2008 года составляла 0,90 руб./кВт·ч, что в 2,7 раза ниже тарифа на покупку электроэнергии в энергосистеме.

- себестоимость получаемой тепловой энергии в ценах на 01.01.2008 года составляла 778,8 руб./Гкал, что в 1,4 раза ниже отпускной цены тепла от существующей котельной (без учета НДС).

Таблица 1 – Технические характеристики мини-ТЭЦ поселка Нижний Архыз [3, с. 61]

Параметр	Значение
Тепловая мощность, кВт	420
Номинальное напряжение, В/частота, Гц	400/50 (трехфазн.)
Тип используемого электрического генератора	Leroy
Тип силового двигателя	ЯМЗ-8401Г
Давление топлива (природного газа), кПа	60
Расход топлива, м ³ /ч	110
Ресурс двигателя между капремонтами, ч	20000
Габариты (ДхШхВ), мм	9000х3300х3000
Масса, кг	5500

С учетом выше сказанного можно сформулировать основные преимущества и недостатки использования мини-ТЭЦ по сравнению с крупными электростанциями:

Преимущества:

- малые потери электрической и тепловой энергии при комбинированном отпуске потребителю;
- низкая себестоимость единицы тепловой и электрической мощности и малый срок окупаемости объекта;
- компактность автономных энергоустановок;
- быстрый пуск энергоблока;
- автономное энергоснабжение.

Недостатки:

- необходимость эксплуатации с полной и стабильной нагрузкой оборудования для быстрой окупаемости и надежной работы станции;
- недостаточное внимание руководства отрасли к распространению объектов малой энергетики;
- проблема интеграции в энергетическую инфраструктуру, то есть присоединения к распределительным сетям [5, с. 132-133].

Мини-ТЭЦ характеризуются относительно высокой производительностью при небольших габаритах и массе. Это даёт возможность устанавливать её практически в любой местности и в любом здании котельной без значительных объемов строительных работ. Развитие и внедрение мини-ТЭЦ – реальный способ решить проблему нехватки энергетических мощностей достаточно быстро и с минимальными затратами. Кроме того, это ещё и способ усилить конкуренцию в энергетике, тем самым дать толчок её развитию. На сегодняшний день одно из перспективных направлений – это строительство локальных мини-теплоэлектростанций и реконструкция существующих котельных – перевод их на комбинированную выработку электрической и тепловой энергии. Развитию малой энергетики мешает стихийность, отсутствие структурированного плана, в отличие от большой энергетики, в связи с чем малогабаритные теплоэлектростанции используются скорее как инструмент по оперативному снижению энергодефицита. У объектов малой энергетики есть ряд преимуществ перед крупными электростанциями, поэтому при должном планировании и поддержке руководства отрасли возможен положительный экономический эффект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладышенко С. Мини-ТЭЦ: гарантия стабильной работы // *Электроэнергия. Передача и распределение*. – 2012. – № 4 (13). – С. 22-23.
2. Денисов-Винский Н.Д. Мини-ТЭЦ как надёжное средство решения проблемы энергообеспечения // *Энергобезопасность в документах и фактах*. – 2007. – № 2. – С. 10-18.
3. Зайченко В.М., Чернявский А.А. Мини-ТЭЦ на базе газопоршневых двигателей // *Академия энергетики*. – 2010. – № 4 (36). – С. 58-63.
4. Клевко А.Г., Дюбанов Г.Н. Перспективы развития для мини-ТЭЦ в Новосибирской области // *Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития*. – 2015. – № 9. – С. 12-15.
5. Клевко А.Г. Мини-ТЭЦ: основные преимущества и барьеры при их внедрении // *Достижения вузовской науки*. – 2015. – № 16. – С.130-134.