

УДК 620.98

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ОБЪЕКТА

*А.В. Разуваев, Д.А. Костин*

Рассматривается повышение эффективности энергоснабжения здания вуза за счет применения энергетического комплекса на базе малой ТЭЦ с газопоршневыми агрегатами. Проведен расчет экономической эффективности для двух вариантов: полностью автономное энергообеспечение с резервным агрегатом и резервное электроснабжение за счет подключения к центральной электросети.

*Ключевые слова:* малая энергетика; энергетический комплекс; мини-ТЭЦ; экономическая эффективность.

---

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF ENERGY SUPPLY SYSTEMS OF AUTONOMOUS OBJECTS

*A. V. Razuvaev, D. A. Kostin*

The article deals with improving the efficiency of the university buildings energy supply through the use of energy sector on the basis of a small CHP with gas-piston units. The calculation of the cost-effectiveness of two options: a fully autonomous power supply with backup unit and a backup power supply by connecting to a central power.

*Keywords:* small energy; energy complex; mini CHPPs; economic efficiency.

В нашем стремительно развивающемся мире, когда от качественного энергоснабжения подчас зависит очень многое, все большее применение находят средства малой энергетики. Одним из таких средств, способных значительно повысить надежность энергоснабжения различных объектов, являются малые или мини-ТЭЦ.

Мини-ТЭЦ представляет собой электростанцию с комбинированным производством электроэнергии и теплоты, расположенную в непосредственной близости от конечного потребителя. Источником энергии в мини-ТЭЦ являются двигатели внутреннего сгорания: дизельные, газовые и газотурбинные.

Применение газопоршневых мини-ТЭЦ в качестве основного источника электрической и тепловой энергии перспективно на предприятиях самого широкого диапазона деятельности, а именно: в сфере обслуживания – в гостиницах, санаториях, пансионатах и предприятиях пищевой промышленности; в промышленности – на деревообрабатывающих и химических предприятиях; в сельском хозяйстве – в тепличных хозяйствах, на птицефермах и животноводческих комплексах [1].

Безусловно, рассматривая сооружение малой ТЭЦ как инвестиционный проект, следует понимать, что его реализация возможна только при условии получения приемлемого уровня экономической эффективности, которая в малой энергетике возникает в результате экономии затрат на электро- и теплоснабжение объекта.

Целью оценки эффективности инвестиционного проекта по сооружению малой ТЭЦ является подтверждение или опровержение целесообразности замены существующей системы энергоснабжения потребителя собственным источником генерации энергоресурсов [2].

В данной статье на примере здания Балаковского инженерно-технологического института рассматривается возможность применения энергетического комплекса на базе газопоршневой мини-ТЭЦ для энергоснабжения, и связанные с этим затраты.

В основе расчета лежит адаптированная для малой энергетики методика оценки экономической эффективности инвестиционных проектов. Оценка эффективности проводилась по трем параметрам: чистому дисконтированному доходу (ЧДД), индексу доходности (ИД) и сроку окупаемости проекта.

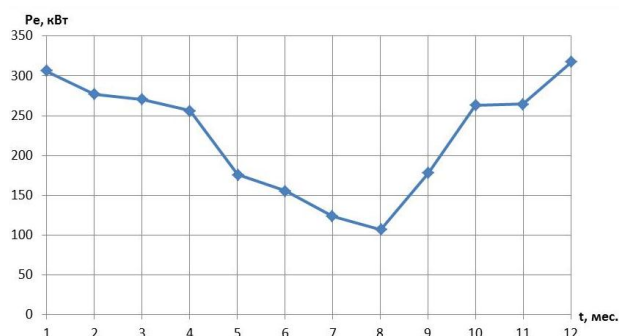


Рисунок 1 – Годовой график потребления электроэнергии институтом

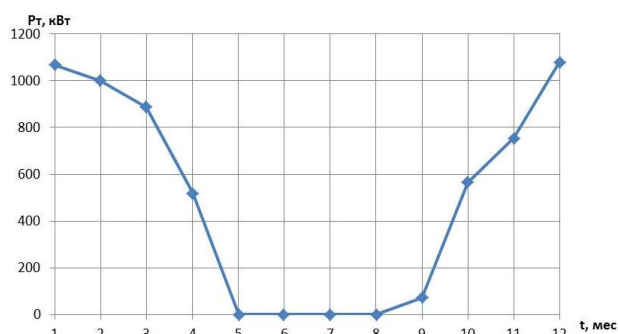


Рисунок 2 – Годовой график потребления тепловой энергии институтом

Для определения мощности устанавливаемого энергетического комплекса необходимо провести анализ электро- и теплопотребления объекта. На основании анализа энергопотребления вуза за 2013 г. были построены графики электро- (рисунок 1) и теплопотребления (рисунок 2).

На графиках видно, что максимальная потребность в электрической энергии института составляет 330 кВт, а в тепловой энергии – 1080 кВт. При этом необходимо отметить, что существуют два варианта работы мини-ТЭЦ в составе энергетического комплекса – по электрическому графику нагрузки и по тепловому графику нагрузки объекта.

В первом случае недостаток тепловой энергии для отопления и горячего водоснабжения объекта покрывается за счет применения дополнительного источника теплоты – автономной газовой котельной. В летний период, когда отопление не нужно, излишки теплоты от мини-ТЭЦ сбрасываются через байпасную линию в окружающую среду.

Вторым вариантом применения мини-ТЭЦ является работа по тепловому графику нагрузки, когда приоритетным считается обеспечение объекта тепловой энергией для отопления и горячего водоснабжения. В данном случае, теплота, вырабатываемая системой утилизации мини-ТЭЦ, полностью покрывает потребность объекта в тепловой энергии. Однако здесь возникает вопрос: поскольку, как правило, необходимая тепловая мощность объекта выше, чем может обеспечить мини-ТЭЦ по электроэнергии, то необходимо применять большую по электрической мощности мини-ТЭЦ, а излишки электрической энергии отдавать в центральную сеть. В западных странах в таком случае на законодательном уровне предусмотрен механизм продажи излишков электроэнергии от частных потребителей в центральную сеть. В нашей стране процесс продажи электроэнергии госу-

дарству пока еще не отлажен на должном уровне и связан с большими трудностями.

Второй стороной этого вопроса является работа мини-ТЭЦ в летний период, когда потребление тепловой энергии объектом минимально, и ограничивается только горячим водоснабжением. Сама мини-ТЭЦ при этом работает на пониженной мощности и количества вырабатываемой электрической энергии может не хватить для покрытия всех нужд объекта. Компенсировать это можно либо за счет установки резервного электрогенератора, либо подключением объекта к центральной электросети. Однако оба этих варианта влекут за собой дополнительные денежные затраты и, как следствие, снижение эффективности применения мини-ТЭЦ.

Поэтому при расчете экономической эффективности будем учитывать, что мини-ТЭЦ работает по электрическому графику нагрузки объекта.

Подробнее методика расчета капитальных и эксплуатационных затрат, экономической эффективности мини-ТЭЦ описывается в работах [2–5]. Стоит отметить только, что для начала необходимо определить состав капитальных затрат. В рассматриваемом случае к капитальным затратам относятся: стоимость приобретения мини-ТЭЦ, стоимость проектных работ, стоимость блок-контейнера или строительства здания под мини-ТЭЦ, стоимость монтажных работ, затраты на проектирование, монтаж и пуско-наладочные работы газопровода, стоимость обучения обслуживающего персонала, а также стоимость дополнительного источника теплоты в виде газовой котельной блок-контейнерного исполнения. Общая сумма капитальных затрат составила 26,003 млн руб.

При этом наибольшие затраты связаны с приобретением мини-ТЭЦ, стоимость которой составляет по средним оценкам 32 тыс. руб. за 1 кВт электрической мощности. Проектируемая мини-ТЭЦ состоит из трех газопоршневых агрегатов

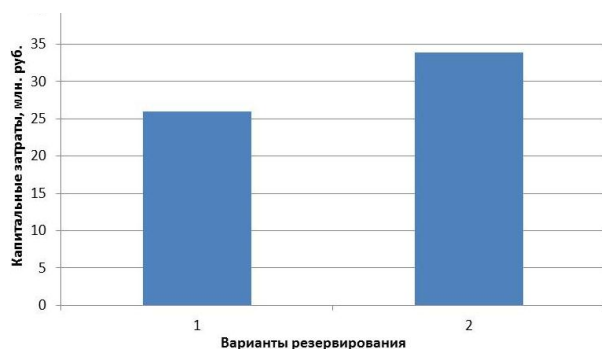


Рисунок 3 – Капитальные затраты:  
1 – резервирование за счет дополнительного агрегата; 2 – резервирование от сети

мощностью 110 кВт каждый, что обеспечивает покрытие нужд института в электроэнергии, а также одного резервного агрегата, который включается в работу в случае непредвиденных остановов, поломок или ремонта одного из основных агрегатов для предотвращения падения мощности или отключения электроэнергии, или же может использоваться для покрытия пиковых нагрузок. Таким образом, стоимость установки составила 14,080 млн руб.

Затраты на проектные, монтажные, пуско-наладочные работы, а также стоимость блок-контейнера определялись в процентном соотношении от стоимости установки. В сумме эти затраты составили 4,752 млн руб.

Стоимость прокладки 400 м газопровода вместе с пуско-наладочными работами по предварительным оценкам составляет 520 тыс. руб., а стоимость обучения персонала – 30 тыс. руб.

В случае, когда недостаток в электроэнергии для обеспечения объекта, возникающий при выходе из строя одного из агрегатов мини-ТЭЦ или же при возникновении пиковых нагрузок, покрывается за счет подключения объекта к сети центрального электроснабжения, к перечисленным капитальным затратам добавляются затраты на подключение объекта к электросети. Они включают в себя стоимость работ по прокладке линий, стоимость самих опор (минимум 34 шт.), развалки, изоляторов и проводов с провисанием (4,5–5 км проводов на 1 км сетей) и составляют ориентировочно 7 млн руб. за 1 км сетей. Общая сумма капитальных затрат в этом случае составит 33,853 млн руб.

Поскольку количество теплоты, вырабатываемое мини-ТЭЦ, не покрывает полностью потребность вуза в тепловой энергии, то используется дополнительный источник теплоты – автоматизированная газовая котельная блок-контейнерного

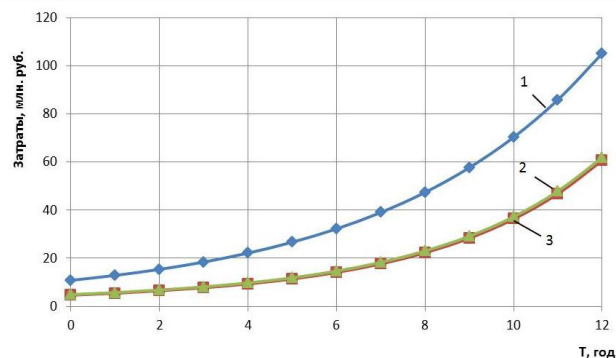


Рисунок 4 – Сравнительный анализ эффективности энергоснабжения:  
1 – затраты на оплату электро- и теплоснабжения при существующей системе; 2 – прогнозные затраты на электро- и теплоснабжение при мини-ТЭЦ с резервным агрегатом; 3 – прогнозные затраты на электро- и теплоснабжение при мини-ТЭЦ с резервированием от сети

исполнения мощностью 2 МВт. Стоимость котельной составляет 5,037 млн руб. [5].

Состав затрат на эксплуатацию мини-ТЭЦ: затраты на топливо, масло, техническое обслуживание и текущий ремонт установки, а также заработную плату обслуживающего персонала. Стоит отметить, что затраты на топливо и масло зависят от мощности, на которой работает мини-ТЭЦ, вследствие чего, при проектировании газопоршневой мини-ТЭЦ важным вопросом является определение средней эксплуатационной электрической мощности установки [4]. Для этого нужно проанализировать график энергопотребления объекта.

При резервировании от центральной электросети к затратам на эксплуатацию мини-ТЭЦ и газовой блок-котельной необходимо прибавить затраты на оплату электроэнергии от центральной сети на время ремонта одного из агрегатов, которое составляет около 720 часов.

Наглядно результаты расчетов можно представить следующими графиками (рисунки 3–5):

Расчет показал, что применение сети центрального электроснабжения в качестве резервного источника энергии для объекта значительно снижает эффективность применения теплоэнергетического комплекса. В частности, ЧДД уменьшился почти на 10 млн руб. и составил 31, 960 млн руб., тогда как в случае применения резервного агрегата ЧДД равен 41,256 млн руб. Значение ИД равно 0,94, что в 1,7 раза меньше по сравнению с вариантом с резервным агрегатом, значение которого равно 1,6. Срок окупаемости проекта также

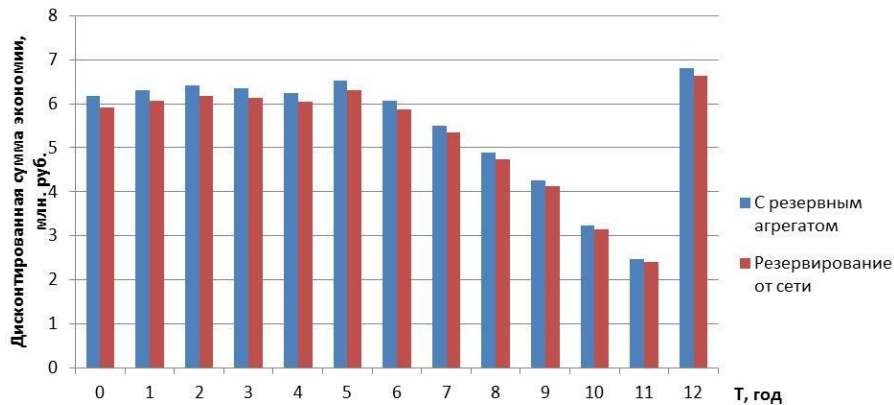


Рисунок 5 – Дисконтированная сумма экономии

значительно возрос и составил 5,32 года, тогда как в первом случае он составляет 3,97 года.

Следовательно, при принятии решения о реализации инвестиционного проекта по замене существующей системы электро- и теплоснабжения здания Балаковского инженерно-технологического института теплоэнергетическим комплексом на базе газопоршневой мини-ТЭЦ, предпочтение следует отдать варианту с резервным газопоршневым агрегатом.

#### Литература

1. *Замоторин Р.В.* Малые теплоэлектроцентрали – поршневые или турбинные / Р.В. Замоторин // Энергосбережение в Саратовской области. 2001. № 2.
2. *Костин Д.А.* Оценка экономической эффективности когенерационной установки для вуза / А.В. Разуваев, Д.А. Костин, Э.Ф. Кочеваткина //

Вестник Саратовского госуд. техн. ун-та. 2013. № 4 (73). С. 115–121.

3. *Костин Д.А.* Эффективность сооружения малой ТЭЦ как инвестиционного проекта / А.В. Разуваев, Д.А. Костин, Э.Ф. Кочеваткина // Молодой ученый. 2015. № 14.2. С. 66–68.
4. *Костин Д.А.* Зависимость срока окупаемости мини-ТЭЦ от ее средней электрической мощности / Д.А. Костин, А.В. Разуваев // Матер. межд. научн. конф. “Современные научно-технические проблемы теплоэнергетики и пути их решения”. Саратов, 2012. С. 329–335.
5. *Костин Д.А.* Применение тепло-энергетического комплекса / Д.А. Костин, К.Г. Серебрякова, М.А. Кельплер // Матер. 8-й межд. научн.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых “Энергия-2013”: в 7 т. Т. 1. Ч. 2. Иваново: ФГБОУ ВПО Ивановский госуд. техн. ун-т им. В.И. Ленина, 2013. С. 160–164.