

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАНИЦ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНИ-ТЭЦ ПРИ ОСВОЕНИИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Т.Г. Каримова, А.В. Каплан, Е.С. Селиверстов

Статья посвящена исследованию особенностей применения мини-ТЭЦ для организации энергоснабжения удаленных угольных разрезов. В настоящее время автономные источники энергоснабжения представляют все больший интерес. Это связано с относительно небольшими капитальными вложениями, низкой стоимостью выработанной энергии, независимостью от энергетических сетей общего пользования. При принятии проектных и инвестиционных решений об организации энергоснабжения при освоении удаленных угольных месторождений необходимо рассмотреть альтернативные варианты энергоснабжения комплекса объектов энергопотребления, оценить перспективы применения мини-ТЭЦ для этих целей, определить зоны их экономической эффективности с учетом технически и экономически обоснованного горизонта планирования.

На этапе проектирования базовым вариантом электроснабжения был принят вариант 1 – Энергоснабжение с применением дизельных электростанций. В качестве альтернативных приняты два наиболее рациональных и технически осуществимых варианта. Вариант 2 – энергоснабжение с применением дизельных электростанций и блочно-модульной котельной. В данном варианте дизельные электростанции используются для снабжения тепловой и электрической энергией всех объектов, кроме вахтового поселка. Покрытие потребности в тепловой энергии вахтового поселка предполагается осуществлять при помощи блочно-модульной котельной (БМК). Вариант 3 – энергоснабжение с применением когенератора – мини-ТЭЦ. Энергоснабжение всего добывающего комплекса предполагается осуществлять от мини-ТЭЦ, которую следует расположить неподалеку от вахтового поселка, вблизи потребителей тепловой энергии. Для обеспечения энергоснабжения разреза и промплощадок необходимо построить ЛЭП небольшой протяженности. Тепловое снабжение промплощадок разреза планируется осуществить с помощью электроотопительных приборов.

Для каждого варианта энергоснабжения рассчитаны капитальные вложения, необходимые для его реализации, а также текущие затраты. В качестве критерия выбора наиболее экономически эффективного варианта, ввиду некоммерческого характера поставленной задачи, принят критерий минимума совокупных затрат на энергоснабжение предприятия, накопленных итогом за расчетный период, ограниченный техническим ресурсом основных агрегатов и сроком выработки карьера.

Наряду с оценкой экономической эффективности альтернативных вариантов энергоснабжения, рассмотрены вопросы определения границ экономической эффективности использования автономных энергоисточников.

Ключевые слова: энергоснабжение, мини-электростанции, экономическая эффективность.

В настоящее время автономные источники энергоснабжения представляют все больший интерес. Это связано с относительно небольшими капитальными вложениями, низкой стоимостью выработанной энергии, независимостью от энергетических сетей общего пользования [1].

Вопрос автономного энергоснабжения актуален и для горнодобывающих предприятий. Это связано с тем, что месторождения полезных ископаемых часто расположены в труднодоступных районах за десятки или сотни километров от ближайших населенных пунктов или систем централизованного энергоснабжения.

При разработке проектной документации для крупных горнодобывающих компаний, осуществляющих разработку угольных месторождений, расположенных в труднодоступных районах, где отсутствует инженерная инфраструктура, встает множество вопросов, связанных с организацией

добычи угля. К таким вопросам можно отнести: доставку людей и оборудования, организацию снабжения, вывоз готовой продукции, обеспечение связи и т. д.

Одним из наиболее важных вопросов остается вопрос энергоснабжения промышленной и коммунальной инфраструктуры, задействованной при добыче. В случае если месторождение расположено достаточно далеко, традиционно применяются дизельные электростанции. Но дороговизна топлива, необходимость содержать склады ГСМ и зависимость от поставок делают этот способ энергоснабжения достаточно дорогим. У предприятий, добывающих уголь, есть возможность использовать его и для выработки тепловой и электрической энергии на мини-ТЭЦ для собственного энергоснабжения. В таком случае нет необходимости закупки энергетического топлива, а затраты на уголь будут равны лишь затратам на его добычу.

Возможность использования мини-ТЭЦ особенно актуальна при наличии коммунальных потребителей тепловой энергии.

При принятии проектных и инвестиционных решений об организации энергоснабжения при освоении удаленных угольных месторождений необходимо рассмотреть альтернативные варианты энергоснабжения комплекса объектов энергопотребления, оценить перспективы применения мини-ТЭЦ для этих целей, определить зоны их экономической эффективности с учетом технически и экономически обоснованного горизонта планирования.

Оценку экономической эффективности применения угольных мини-ТЭЦ следует проводить с учетом следующих факторов, обуславливающих некоммерческий характер инвестиций.

1. Необходимо оценить изменение затрат на энергоснабжение в случае использования мини-ТЭЦ, при условии, что все остальные производственные затраты останутся без изменений. Производственные затраты, связанные с добычей, транспортировкой, переработкой, отгрузкой и т. д. осуществляются горнодобывающим предприятием, согласно производственной мощности, календарным планам ведения горных работ и прочим факторам вне зависимости от источника энергоснабжения. Источник энергоснабжения лишь покрывает нужды предприятия в энергии, выполняя вспомогательную роль. Как следствие, при изменении источника энергоснабжения изменятся только затраты, связанные с энергоснабжением.

2. Вся выработанная энергия (вне зависимости от вида) полностью потребляется горнодобывающим предприятием. Продажи энергии не осуществляются, вследствие отсутствия цели и возможности такой деятельности. Затраты на энергоснабжение в полной сумме включатся в объем производственных затрат горнодобывающего предприятия.

Информационную базу исследования представляет проект энергоснабжения одного из угольных разрезов компании «Якутуголь». Ключевыми особенностями данного месторождения являются расположение в суровых климатических условиях, на значительном расстоянии от ближайших населенных пунктов, в результате чего отсутствует возможность подключения к существующим энергетическим сетям и необходимость создания собственной инфраструктуры.

Основными объектами добывающего комплекса являются угольный разрез (карьер), промплощадка разреза, включающая в себя склады для размещения угля и дробильно-сортировочный комплекс, временная промплощадка, расположенная на расстоянии от карьера и необходимая для размещения автотранспортного цеха, ремонтного и складского хозяйств, а также социально-бытового обслуживания рабочих в течение смены и вахтовый поселок, предназначенный для проживания

людей, работающих на месторождении вахтовым методом, так как невозможно обеспечить ежедневное возвращение рабочих к месту постоянного проживания. Весь комплекс объединен технологическими автодорогами, предназначенными для движения автотранспорта.

На этапе проектирования базовым вариантом электроснабжения был принят вариант 1 – энергоснабжение с применением дизельных электростанций.

Дизельные электростанции покрывают потребность в электроэнергии всего добывающего комплекса. Потребность в тепловой энергии обеспечивается электроотопительными приборами (масляными радиаторами), которые находятся в каждом помещении. Все дизельные электростанции работают изолированно друг от друга и обеспечивают энергией только те объекты, которые к ним подключены.

В качестве альтернативных приняты два наиболее рациональных и технически осуществимых варианта.

Вариант 2 – энергоснабжение с применением дизельных электростанций и блочно-модульной котельной. В данном варианте дизельные электростанции используются для снабжения тепловой и электрической энергией всех объектов, кроме вахтового поселка. Покрытие потребности в тепловой энергии вахтового поселка предполагается осуществлять при помощи блочно-модульной котельной (БМК).

Вариант 3 – энергоснабжение с применением когенератора – мини-ТЭЦ. Энергоснабжение всего добывающего комплекса предполагается осуществлять от мини-ТЭЦ, которую следует расположить неподалеку от вахтового поселка, вблизи потребителей тепловой энергии. Для обеспечения энергоснабжения разреза и промплощадок необходимо построить ЛЭП небольшой протяженности. Тепловое снабжение промплощадок разреза планируется осуществить с помощью электроотопительных приборов.

Применение БМК или мини-ТЭЦ только для теплоснабжения вахтового поселка оправдано его компактностью, экономией капитальных вложений на сооружение трубопроводов отопления и практически полным отсутствием тепловых потерь.

Для каждого варианта энергоснабжения рассчитаны капитальные вложения, необходимые для его реализации, а также текущие затраты. В качестве критерия выбора наиболее экономически эффективного варианта, ввиду некоммерческого характера поставленной задачи, принят критерий минимума совокупных затрат на энергоснабжение предприятия, накопленным итогом за расчетный период [2], ограниченный техническим ресурсом основных агрегатов и сроком выработки карьера. Вся сумма затрат на энергоснабжение включается в себестоимость угля, следовательно, при меньших затратах на энергоснабжение уменьшится себестоимость, и при прочих равных условиях увеличится рентабельность производства.

Расчет суммы капитальных вложений определяется исходя из смет и проектной документации.

Анализ показал, что наибольший объем капитальных вложений соответствует варианту с применением мини-ТЭЦ (вариант 3), что объясняется значительными затратами на оборудование, проектные и строительно-монтажные работы по сравнению с другими вариантами.

Объем капитальных вложений по вариантам энергоснабжения от дизельных электростанций (вариант 1) и энергоснабжения от дизельных электростанций и котельной установки (вариант 2) отличаются незначительно.

На рис. 1 представлена структура капитальных затрат по вариантам энергоснабжения.

При расчете и анализе текущих затрат по альтернативным вариантам энергоснабжения выяснилось, что наибольшие годовые затраты наблюдаются при применении ДЭС с котельной. Чуть меньше затраты при применении исключительно ДЭС. Самые низкие затраты зафиксированы при применении мини-ТЭЦ, что связано с наличием одной установки, дешевизной топлива (собственный уголь) и экономичностью самой мини-ТЭЦ.

Рассмотрим структуру себестоимости получаемой электро- и теплоэнергии. При применении ДЭС почти 91 % затрат приходится на материальные затраты, из которых на топливо приходится 83 %, что отражено на рис. 2.

Таким образом, подтверждается главный не-

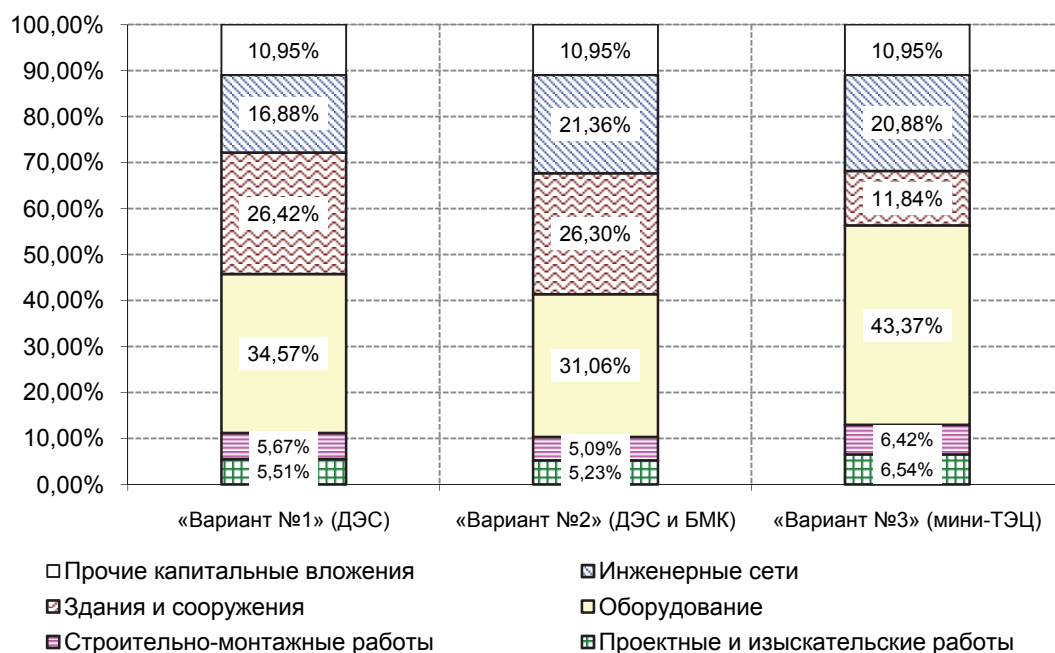


Рис. 1. Структура капитальных вложений по вариантам

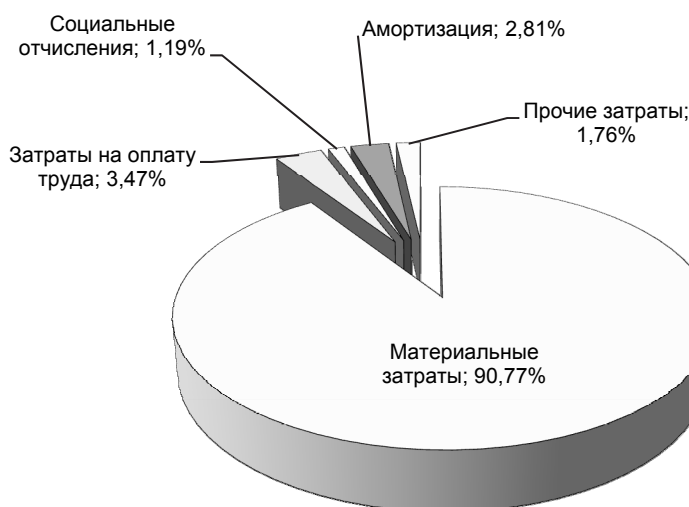


Рис. 2. Структура себестоимости электроэнергии, производимой ДЭС

достаток дизельных электростанций – зависимость от цены на дорогостоящее топливо. На практике средняя стоимость электроэнергии, полученной при использовании ДЭС в большинстве случаев составляет 9–14 руб./кВт-ч. В рассматриваемом случае расчетная стоимость электроэнергии составляет 9–11 руб./кВт-ч (рис. 3).

Структура текущих затрат по варианту 2 представлена на рис. 4.

Небольшие различия с предыдущим вариантом наблюдаются благодаря влиянию работы котельной, структура затрат по которой, представленная на рис. 5, показывает, что наибольший объем затрат (порядка 64 %) связан с постоянными расходами (оплата труда и амортизация). Доля переменных расходов незначительна вследствие низких затрат на топливо. Для котельных установок большей мощности картина может быть об-

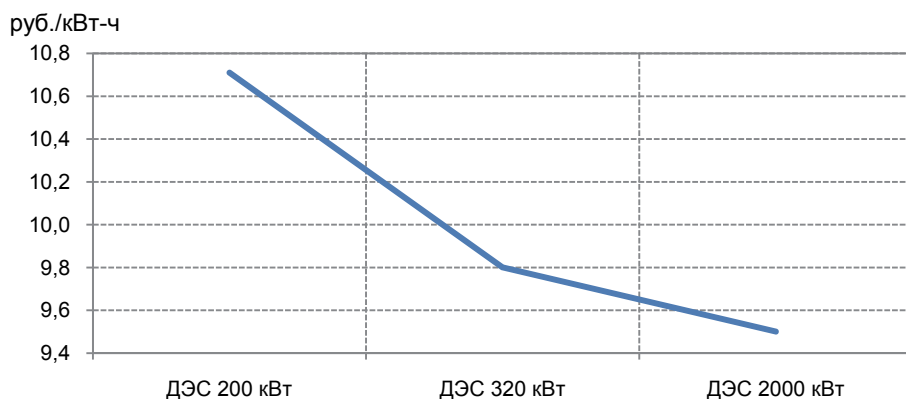


Рис. 3. Себестоимость электроэнергии полученной на ДЭС

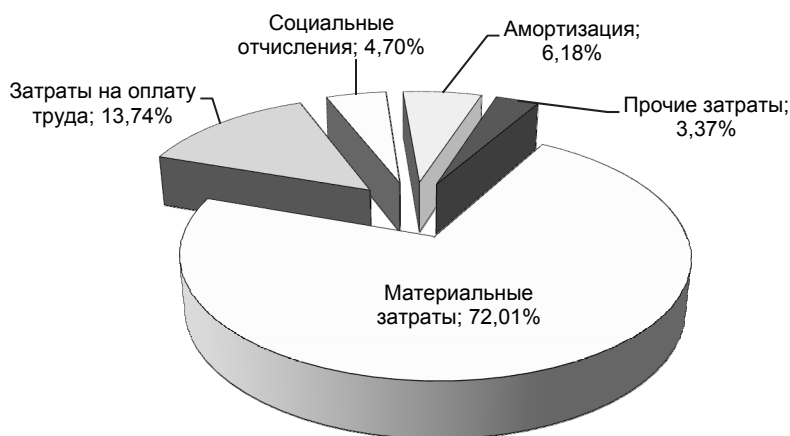


Рис. 4. Структура текущих затрат с применением ДЭС и котельной (вариант 2)

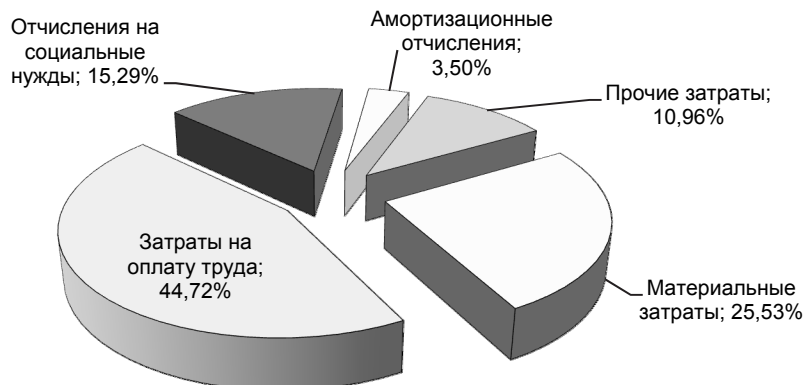


Рис. 5. Структура себестоимости тепловой энергии, производимой котельной

ратной, так как численность персонала не поменяется, а материальные затраты возрастут.

Структура текущих затрат при применении мини-ТЭЦ (вариант 3) представлена на рис. 6.

Стоимость электрической энергии, полученной на мини-ТЭЦ, намного ниже стоимости электроэнергии, полученной на ДЭС – 2,0–2,1 руб./кВт-ч (рис. 7). Стоимость тепловой энергии сопоставима со стоимостью тепловой энергии, полученной при использовании котельной установки, однако эти значения зависят от способа отнесения косвенных затрат на себестоимость электро- и теплоэнергии. Экономичность работы мини-ТЭЦ доказывает сравнение годовых текущих затраты: при применении мини-ТЭЦ они в 2,25 раза меньше, чем по варианту 2 и в 1,9 раза меньше, чем по варианту 1. Таким образом, можно говорить о том, что мини-ТЭЦ вырабатывает достаточно дешевую энергию.

В процессе эксплуатации на горизонте расчета текущие затраты накапливаются с разной интенсивностью по каждому варианту, что в конечном счете приводит к значительной разнице к кон-

цу расчетного периода. Динамика накопления совокупных затрат по вариантам энергоснабжения представлена на рис. 8.

Несмотря на значительные капитальные вложения при применении мини-ТЭЦ, экономичная ее работа при эксплуатации обеспечивает выигрыш в совокупных накопленных расходах, что позволяет признать данный вариант энергоснабжения наиболее эффективным.

Точка равенства общих затрат при сопоставлении мини-ТЭЦ с дизельными электростанциями составляет 3 года и 5 месяцев, точка равенства общих затрат при сопоставлении мини-ТЭЦ с дизельными электростанциями и блочно-модульной котельной составляет 2 года 4 месяца. Экономический эффект от применения мини-ТЭЦ, проявляясь в снижении затрат на энергоснабжение, в конечном счете ведет к снижению себестоимости добычи угля.

Представляется целесообразным оценить экономические риски, к которым относятся увеличение капитальных вложений и текущих затрат по вариантам энергоснабжения (рис. 9, 10).

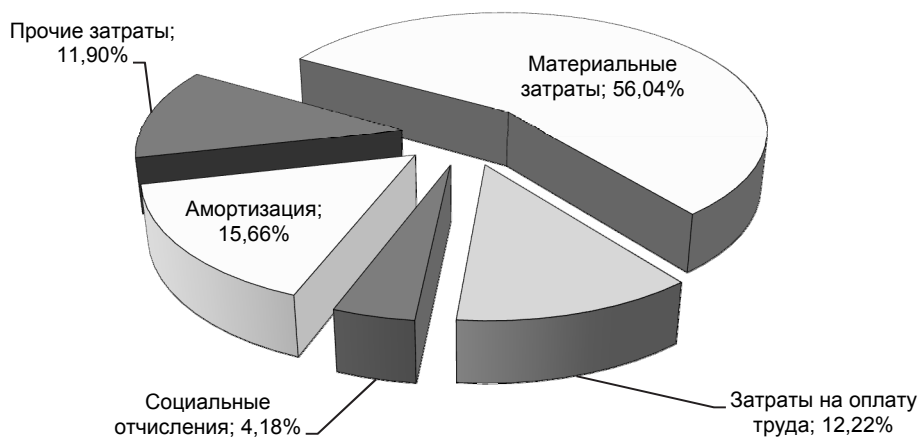


Рис. 6. Структура текущих затрат с применением мини-ТЭЦ (вариант 3)

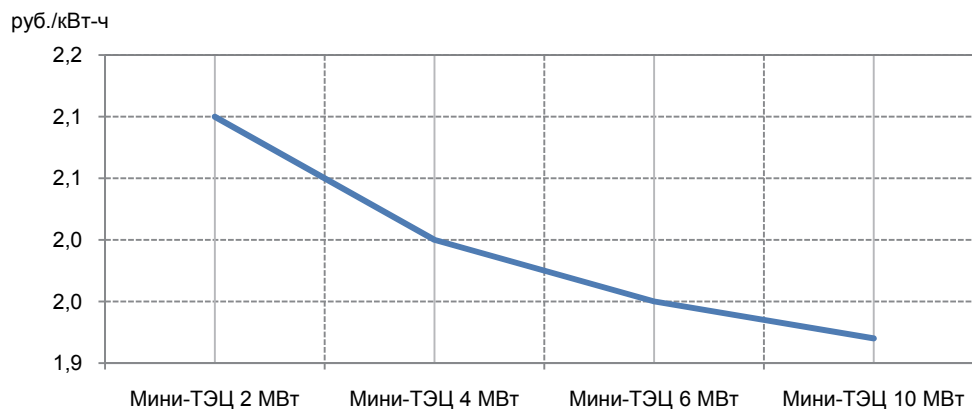


Рис. 7. Себестоимость электроэнергии полученной на мини-ТЭЦ

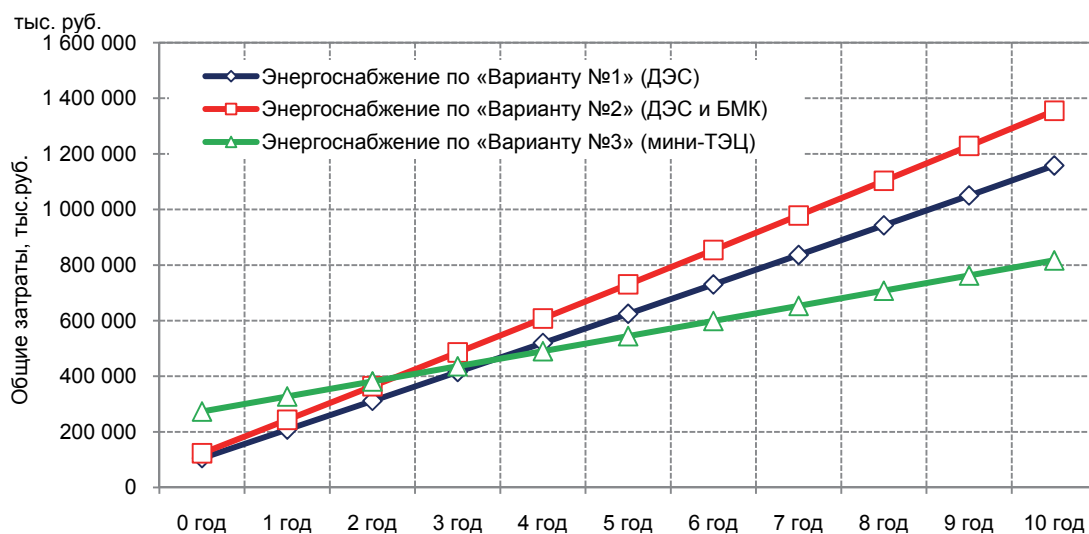


Рис. 8. Динамика совокупных накопленных затрат по вариантам энергоснабжения

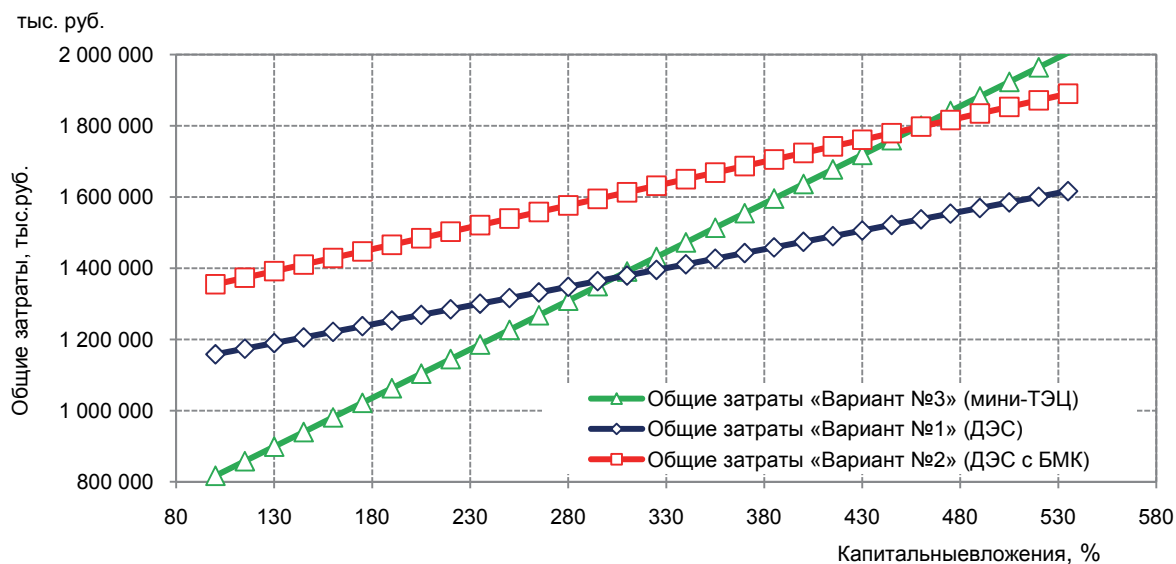


Рис. 9. Анализ чувствительности по капитальным вложениям

При сопоставлении мини-ТЭЦ с ДЭС можно сказать, что применение мини-ТЭЦ невыгодно при увеличении либо капитальных вложений более чем в 2 раза, либо текущих затрат на нее на 60–70 %.

При сопоставлении мини-ТЭЦ и ДЭС с БМК можно сказать, что применение мини-ТЭЦ выгодно при любом увеличении капитальных вложений. При увеличении текущих затрат примерно в 2 раза применение мини-ТЭЦ становится невыгодным по отношению к ДЭС с БМК.

Влияние капитальных вложений на точку равенства общих затрат носит прямой характер — чем больше капитальные вложения, тем дальше от начального периода находится точка равенства. Влияние текущих затрат на точку равенства общих затрат носит обратный характер. Именно текущие

затраты имеют определяющее влияние, как на точку равенства, так и на общую сумму накопленных за период расчета затрат.

Если и капитальные вложения и текущие затраты при применении дизельных электростанций ниже аналогичных показателей мини-ТЭЦ, то применение мини-ТЭЦ невыгодно. Можно говорить о возможной эффективности использования мини-ТЭЦ, если присутствует значительная экономия на текущих затратах и установленная мощность энергетического оборудования больше по крайней мере 150–400 кВт (рис. 11).

Таким образом, можно сформулировать некоторые основные выводы и рекомендации по использованию мини-ТЭЦ.

1. Мини-ТЭЦ целесообразно применять при значительной потребности в электрической энер-

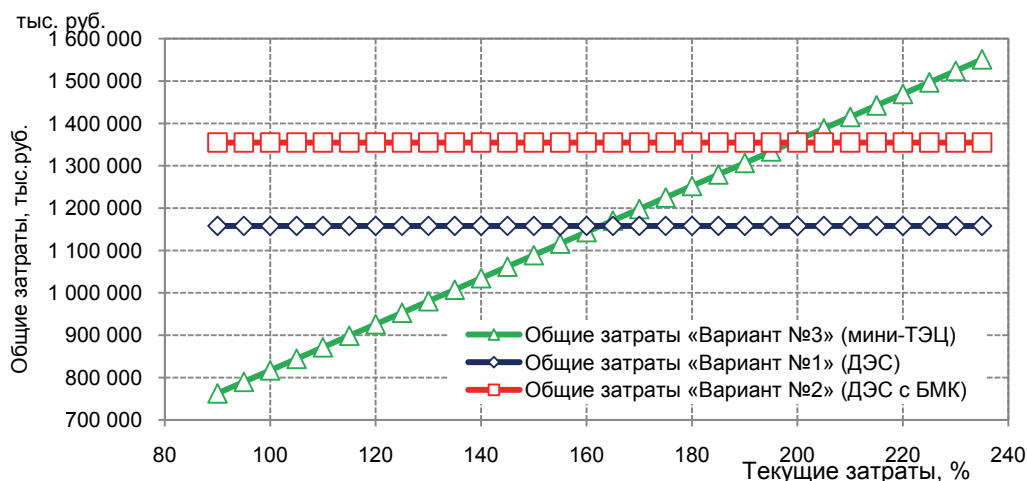


Рис. 10. Анализ чувствительности по капитальным вложениям

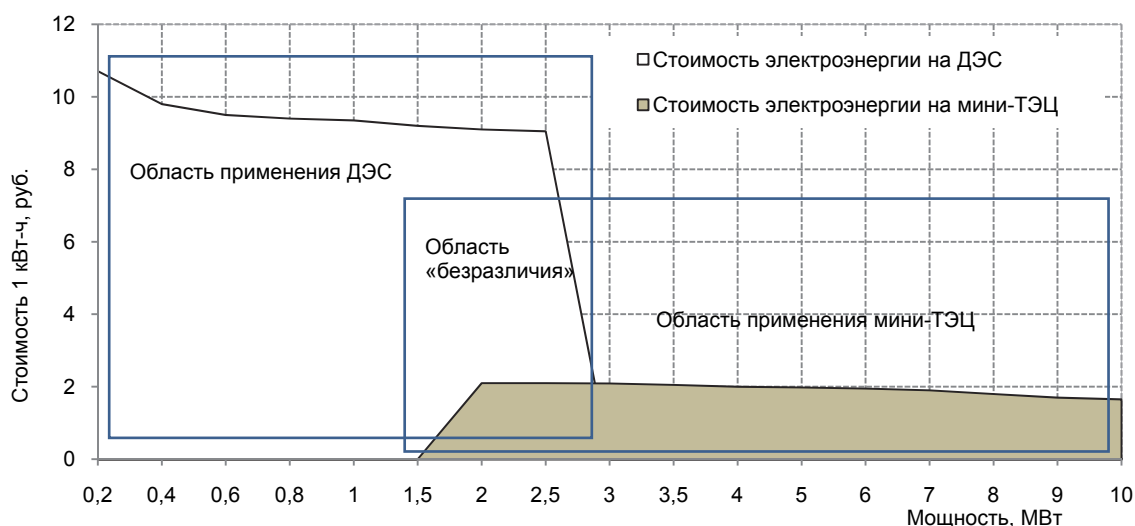


Рис. 11. Границы применения альтернативных вариантов энергоснабжения

гии и наличии потребителей тепловой энергии: там, где общая мощность потребителей составляет от 2–3 до 20–25 МВт. Такими объектами могут быть промышленные комплексы и вахтовые поселки для обслуживающего персонала.

2. Особенностью мини-ТЭЦ является относительно низкая маневренность по набору и сбросу мощности. Как следствие, такие установки необходимо применять, когда потребление энергии относительно постоянно и отсутствуют резкие колебания (не более 20–25 % в течение 1 часа).

3. Реализация проекта энергоснабжения с применением мини-ТЭЦ, как правило, требует существенных вложений в сопутствующую инфраструктуру (строительство тепловых сетей, установка насосного оборудования, организация золоотвалов, дополнительный штат персонала 8–16 человек в зависимости от типа и мощности оборудования).

4. Мини-ТЭЦ дает возможность получать относительно дешевую тепловую (1,5–1,8 тыс.

руб./Гкал) и электрическую (1,7–2,1 руб./кВт-час) энергию, что обеспечивает окупаемость вложений в пределах 4–5 лет эксплуатации. Эффективность применения мини-ТЭЦ значительно возрастает при использовании углей, добываемых непосредственно на рассматриваемом предприятии.

5. Традиционно применяемая локальная энергогенерация на основе дизельной электростанции характеризуется небольшими капиталовложениями (в 5–7 раз ниже, чем для мини-ТЭЦ), быстрой ввода в эксплуатацию, простотой обслуживания и возможностью работы при значительных колебаниях в потреблении энергии. Отрицательным моментом является достаточно высокая стоимость получаемой энергии (в 4–6 раз выше, чем для мини-ТЭЦ). Такие установки целесообразно применять для обеспечения энергоснабжения локальных удаленных объектов небольшой мощностью (до 1,0 МВт), при небольшой потребности в тепловой энергии.

Литература

1. Беренс, В. *Руководство по оценке эффективности инвестиций: пер. с англ., перераб. и доп.* / В. Беренс, П.М. Хавранек. – М.: Изд-во Интер-эксперт, ИНФРА-М, 2005.

2. Каримова, Т.Г. *Эффективность децентрализации энергоснабжения предприятий* / Т.Г. Каримова. – Germany: LAP Lambert Academic Publishing GmbH&Co. KG, 2011. – 84 с.

Каримова Татьяна Григорьевна. Кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и финансов, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), t_g_karimova@mail.ru.

Каплан Алексей Владимирович. Кандидат экономических наук, генеральный директор ООО «НТЦ-Геотехнология» (г. Челябинск), Kaplan@ustup.ru.

Селиверстов Егор Сергеевич. Специалист компании ООО «НТЦ-Геотехнология» (г. Челябинск), E-S-Seliverstov@yandex.ru.

Поступила в редакцию 10 июля 2014 г.

**Bulletin of the South Ural State University
Series "Economics and Management"
2014, vol. 8, no. 4, pp. 102–110**

STUDY ON THE BOUNDARIES OF ECONOMIC EFFICIENCY WHEN USING MINI-HPP FOR THE DEVELOPMENT OF COAL DEPOSITS

T.G. Karimova, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

A.V. Kaplan, STC Geotechnology, LLC, Chelyabinsk, Russian Federation

E.S. Selivyorstov, STC Geotechnology, LLC, Chelyabinsk, Russian Federation

The article is focused on the peculiarities of using mini-heat and power plants (MHPP) for energy management of remote coal mines. Nowadays independent sources of energy supply are of the utmost interest. This is due to a relatively bad capital investment, a low cost of generated energy, self-sufficiency regardless of public energy networks. When making design and investment decisions about energy management while developing remote coal deposits it's necessary to consider alternative options of energy supply in power consumption facilities, evaluate the prospects of using MHPP for these purposes, identify the areas of their economic efficiency taking into account a technically and economically reasonable planning horizon.

At the design stage Option 1 (Power supply using diesel power plants) was taken as the fundamental method of energy supply. Two of the most efficient and technically feasible options were accepted as alternative. Option 2 – Power supply using diesel power plants and block-modular boiler rooms. In this case diesel power plants are used to supply heat and electricity to all objects except the camp. The camp is supplied with heat energy with the help of block-modular boiler rooms. Option 3 – Power supply using a co-generation plant – mini-HPP. Power supply of the entire production complex is carried out with the help of mini-HPP, which should be located not far away from the camp, near the heat energy consumers. To provide the coal mine and industrial sites with electric power it's needed to build transmission lines of small extent. It's planned to provide industrial sites with thermal power by means of electric heaters.

For each option capital investment required for its implementation, as well as operating costs are calculated. The criterion of minimum total energy costs of the enterprise, cumulative for the billing period, limited by technical resources of main aggregates and the period of working efficiency of a deposit is accepted as a criterion for selecting the most cost-effective option, due to a non-commercial nature of the task.

In addition to the assessment of economic efficiency of alternative options of power supply, the issues on defining the boundaries of economic efficiency while using independent energy sources are considered.

Keywords: power supply, mini-power stations, economic efficiency.

References

1. Berens V., Khavranek P.M. *Rukovodstvo po otsenke effektivnosti investitsiy* [Guidelines for assessing the efficiency of investments]. Trans. from English. Revised and amended. Moscow, Interekspert Publ., INFRA-M Publ., 2005.

2. Karimova T.G. *Effektivnost' detsentralizatsii energosnabzheniya predpriyatiy* [The effectiveness of decentralization of power supply in enterprises]. Germany, LAP Lambert Academic Publishing GmbH&Co. KG, 2011, 84 p.

Karimova Tatyana Grigorievna. Candidate of Science (Economics), associate professor, Department of Economics and Finance, South Ural State University, Chelyabinsk, t_g_karimova@mail.ru.

Kaplan Alexey Vladimirovich. Candidate of Science (Economics), Director General of STC Geotechnology, LLC (Chelyabinsk), Kaplan@ustup.ru

Seliverstov Egor Sergeevich. Specialist of STC Geotechnology, LLC (Chelyabinsk), E-S-Seliverstov@yandex.ru.

Received 10 July 2014