

УДК 338.28

DOI: 10.24045/et.2017.1.8

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ СТАНЦИЙ**

**Д. Е. Киселев**

*Кандидат экономических наук, доцент  
Волгоградский государственный  
технический университет  
г. Волгоград, Россия*

**А. С. Клишина**

*магистрант  
Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина  
г. Екатеринбург, Россия*

## **ECONOMIC FEASIBILITY OF MODERNIZATION AT THERMAL POWER PLANTS**

**D. E. Kiselev**

*Candidate of Economic Sciences,  
assistant professor  
Volgograd state technical University  
Volgograd, Russia*

**A. S. Klishina**

*Undergraduate student  
Ural Federal University  
Ekaterinburg, Russia*

---

**Abstract.** In a modern world occurs active development of power engineering. Innovative resource-saving projects and programs aimed at more effective use of natural resources and production capacity, which ultimately contribute to the economic development of regions and socio-economic processes. Actual problem in many industries and individual companies is the physical and moral deterioration of the equipment. Many energetic companies, which started exploitation since 50s of 20th century, work with outdated equipment. Thermal power plants running on coal are in need of modernization aimed at not only replacement of equipment, but also at application of technologies, which contribute more effective use of fuel. As this technology can be considered high temperature pyrolysis, which is able to provide even and high-quality burning of fuel, which, in turn, allows to reduce wear and costs for repairs and maintenance of equipment.

**Keywords:** heat power engineering, thermal power plants, modernization, high temperature pyrolysis, resource saving.

---

В настоящее время наблюдается активизация деятельности в области энергосбережения российских городов. Разработаны и утверждены органами исполнительной власти различные Долгосрочные программы

энергосбережения, которые реализуются через энергосберегающие мероприятия [5].

На современном этапе развития приоритетные задачи производителей и поставщиков энергоресурс-

сов – это увеличение объёмов производства и снижение издержек, обновление производственных фондов и повышение эффективности использования мощностей, а также автоматизация систем управления.

В условиях ограниченных финансовых ресурсов наиболее целесообразно проведение модернизации энергетических объектов, т.к. она требует относительно меньших расходов по сравнению с полной заменой энергооборудования или новым строительством. Значение эффективной модернизации обусловлено не только необходимостью обновления энергетических мощностей, но и влиянием производителей и поставщиков энергии на стоимость продукции предприятий. Повышение эффективности работы производителей энергии должно способствовать менее интенсивному росту энерготарифов для потребителей. Перспективы модернизации и реконструкции энергообъектов рассматриваются в работах [1; 2; 7; 8].

Следует отметить, что одной из главных проблем модернизации является выбор технологии производства энергии и тепла и решение задач эффективности производства энергоресурсов.

Тепловые станции (ГРЭС, ТЭС, ТЭЦ, ПГУ и т.д.) дают возможность производить электричество и тепло посредством использования топлива, в т.ч. угля. В структуре производства электроэнергии на долю тепловых станций в среднем приходится 65 % [3; 4].

Перспективы использования угля

мер его запасов известен на несколько сотен лет. За последние несколько лет наблюдается увеличение добычи угля – рост составил порядка 115 % по отношению к 2008 г. По оценке Минэкономразвития в первом полугодии 2016 г. добыча угля составила 186,1 млн. тонн. На внутренний рынок поставлено 84,7 млн. тонн угля, при этом на электростанции поставлено 46,9 млн. тонн (102,8 % по отношению к I полугодью 2015 г.). Цены производителей угля, реализуемого на внутренний рынок, в июне 2016 года выросли на 3,1 % к декабрю 2015 года, в том числе коксующегося – на 5,4 процента [3; 4].

Однако техническое состояние и степень морального износа тепловых станций производящих энергию обуславливает необходимость их модернизации и применения ресурсосберегающих технологий. В современных экономических условиях основной задачей модернизации действующего оборудования должна быть эффективность, и в первую очередь энергетическая. Повышение энергоэффективности может дать весьма значительный вклад в снижение энергоёмкости валового регионального продукта и соответственно способствовать его росту.

Поставщики тепловой энергии пользуются такими способами её производства как сжигание угля в котлоагрегатах, при этом существует несколько способов: в пылевидном состоянии, в кускообразном на колосниках или в кипящем слое. При первом способе уголь дробят в специальных мельницах до состояния пыли, затем отправляют в котёл

и такое сжигание угля происходит практически полным. Второй способ используют на очередях малой мощности (котельные малой мощности). Третий способ подразумевает горение угля в кипящем слое: уголь подают в низ топки котла с подачей воздуха для горения. Преимущество такого способа заключается в возможности использования низкосортного угля. Использование способа сжигания угля в кипящем слое на крупных тепловых станциях в РФ начато сравнительно недавно (10–15 лет).

Но не следует забывать о предварительной обработке угля и его физических свойствах. Уголь менее экологичен, чем газ, с точки зрения содержания в нем большого количества инертных составляющих. Поэтому предварительная обработка даёт большие преимущества, чтобы сжигание происходило более качественно.

Применяя общеизвестные мировые технологии, есть большая вероятность добиться повышения уровня экологичности и экономичности энергетических предприятий, использующих угольное топливо. Часть таких технологий, с различной степенью освоенности была представлена на VI Всероссийской конференции «Горение твердого топлива», которая прошла в 2015 г. в Институте теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН. Представитель Урал-ОРГРЭС Владимир Шульман отмечал: «Сегодня для выхода на высокие экологические показатели в условиях снижения качества поставляемого угля, в первую очередь, необходимо вер-

нуться к системе сухого шлакоудаления и системе низкотемпературного сжигания. Это повышает эффективность золоулавливания, упрощает систему складирования золошлаковых отходов, а также их утилизацию либо использование в качестве строительных материалов» [6].

Сравнительно недавно, появилась технология «мокрого» угля (водо-угольное топливо – ВУТ) – это жидкое топливо, которое получают путём смешивания измельченного угля, воды и пластификатора. Для сжигания водоугля, его подача происходит насосами через перемешивающие устройства, к которым подается сжатый воздух, а затем осуществляется предварительный подогрев. Далее, топливо сжигается распылением в факеле, а при низкой температуре и избытке воздуха это позволяет обеспечить минимизацию образования азотных соединений. Существует ещё несколько способов сжигания водоугля: факельное сжигание; сжигание в кипящем слое; сжигание с газификацией. Однако имеются некоторые ограничения: в структуре данного топлива порядка 40 % приходится на воду, что затрудняет сгорание угля, ведь большая часть энергии от сгорания угля тратится на переход воды из жидкого состояния в газообразное. Также стоит заметить, что типовое ВУТ сохраняет свою стабильность на протяжении 1–2-х суток, а далее нужно использовать пластификаторы.

Технология высокотемпературного пиролиза применялась на энергетических и металлургических предприятиях СССР, но на сего-

дняшний день использование пиролиза значительно сократилось и возобновление применения данной технологии требует модернизации мощностей.

Во время процесса, называемого пиролизом, угли нагревают без доступа кислорода, можно сказать герметично, и как итог – экономичное и качественное сжигание топлива. Пиролизный котел основан на том, что под воздействием высокотемпературного режима и в отсутствии воздуха происходит распад вещества на две составные части: твердый остаток и летучие соединения, т.е. пиролизный газ. В процессе высокотемпературного пиролиза и производства его конечного продукта, можно выделить два типа процесса: низкотемпературный (полукоксование) и высокотемпературный пиролиз (коксование). Преимущество применения пиролиза в сравнении с обычным сжиганием заключается в том, что принцип работы котла значительно снижает вредные выбросы в атмосферу.

Говоря о высокотемпературном пиролизе, стоит отметить, что процесс происходит при температурном диапазоне от 1200 С° до 1400 С°. Печи пиролиза состоят из двух отсеков: радиационной и конвективной. Главной особенностью является то, что предварительную подготовку и сортировку угля производить не нужно, что допускает использование некачественного сырья. Принцип заключается в сжигании газов, полученных от сжигания исходного сырья, благодаря которым вырабатывается большое количество тепла. При этом пиролиз уг-

ля позволяет извлечь твердые (кокс), жидкие (каменноугольная смола) и газообразные (пиролизный газ) вещества из переработки. Пиролиз ещё не имеет достаточно широкого распространения в нашей стране. Такая технология требует дополнительной проектной подготовки для каждого вида угля и оборудования в отдельности.

Сравнивая водоугольное топливо и высокотемпературный пиролиз, мы видим разницу в том, что ВУТ требует доработки и испытаний, а пиролиз имеет хорошее преимущество, т. к. технология уже применялась ранее и имеется опыт ее использования за рубежом.

Будущее угольной энергетики видится достаточно ёмким и перспективным, ведь не смотря на сравнительно недавнее появление и использование альтернативных источников энергии, которые пока не до конца изучены и не в полной мере могут отвечать принципу стабильности, запасы угля известны на несколько сотен лет использования. Благодаря этому, имеется большой временной потенциал для проведения исследований и создания новых методов использования. Также следует отметить что, при переработке угля можно получить очень ценные и редкие металлы, и даже зола имеет ценность, в частности летучая фракция золы.

Сравнивая с нефтью и газом, каменный уголь – сырьё более доступное, поэтому большая часть угледобывающих компаний работают с малой маржой. Одним из решений может быть использование технологий глубокой переработки угля,

благодаря которым можно увеличить прибыльность бизнеса.

Таким образом, одним из решений проблем энергоэффективности технологического процесса котельных установок является внедрение установки высокотемпературного пиролиза. Состав расходов на реализацию проекта по внедрению высокотемпературного пиролиза включает три основных элемента: проектирование; расходы на поставку оборудования; монтажные и пусконаладочные работы.

Рассматривая такой проект на примере Троицкой ГРЭС (вторая очередь), выделим четыре этапа проекта модернизации:

1. Проектирование. Стоимость договора на проектирование установки в составе технологической схемы газоздушного тракта действующего котла, исходя из опыта технических специалистов, составляет порядка 20 млн. руб.

2. Поставка материально-технических ресурсов. В составе ресурсов выделим основные позиции: установка высокотемпературного пиролиза, датчики температуры и давления, металлические изделия (для монтажных работ), автоматизированная система управления технологическим процессом. Стоимость будет составлять порядка 30–40 млн. руб.

3. Строительно-монтажные работы. Стоимость будет составлять порядка 150 млн. руб.

4. Пусконаладочные работы. Стоимость будет составлять порядка 15 млн. руб.

Особо отметим, что расходы на обучение персонала не требуются в

связи с тем, что технологический процесс высокотемпературного пиролиза встроен в технологию действующего котла.

Реализация проекта обеспечит более равномерное и качественное горение топлива, что в свою очередь позволит обеспечить:

- распределение напряжения;
- снижение золотого износа поверхностей нагрева;
- снижением шлакообразования поверхностей нагрева;
- снижением золотого износа газоочистительного оборудования.

Всё это повлияет на снижение затрат на ремонт и обслуживание, тем самым уменьшение межремонтного периода и увеличения коэффициента использования установленной мощности (КИУМ).

На сегодняшний день, среднее значение КИУМ на тепловой станции 41 %, что говорит о его малой эффективности. Модернизация котлоагрегатов позволит повысить потенциально КИУМ до 70 %, соответственно и фактический объём производства электроэнергии при такой длительной работе возрастет. ГРЭС высокой мощности имеет, как минимум, одну очередь в три котла мощностью около 300 МВт. При КИУМ 40 % в год производится порядка 3 000 МВт электроэнергии, при непрерывной работе 3 500 часов, а при КИУМ 70 % в год может производиться 5 500 МВт электроэнергии, при непрерывной работе более 6 000 часов.

Реализация проекта по внедрению технологии высокотемпературного пиролиза позволит дополнительно получать доход от продажи

золошлаковых отходов (ЗШО) и кокса. В результате технологического процесса сгорания угля образуется порядка 40 % ЗШО и 10 % кокса, при средней стоимости 8 руб./т ЗШО и 19 тыс. руб./т. кокса, для Троицкой ГРЭС потенциальный доход составит 3,5 млн. руб. и 2000 млн. руб. соответственно.

При внедрении установки высокотемпературного пиролиза происходит модернизация котлоагрегатов, включая монтаж соответствующей установки. Общая сумма расходов на модернизацию второй очереди ГРЭС составит порядка 225 млн. руб., период реализации проектных работ – не менее 6 мес. Реализация проекта позволяет достичь нескольких эффектов: равномерное и качественное горение угля, позволяющего снизить износ производственных мощностей, уменьшить затраты на ремонт и увеличить коэффициент использования установленной мощности.

В целом, для достижения максимального эффекта тепловые станции должны иметь не только качественное оборудование, но и качественное сырьё, использовать различные мероприятия по подготовке, контролю и обслуживанию, а также совершенствовать систему оценки качества работы теплоэнергетической системы.

#### **Библиографический список**

1. Гусева Н. В., Шевченко Н. Ю. Оценка экономической эффективности проектов модернизации электроэнергетических объектов // *Успехи современного естествознания*. – 2014. – № 11-1. – С. 52–56; [Электронный ресурс] URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=34313> (дата обращения: 08.12.2016).
2. Матвеева К. П., Куликова С. В., Шишкина П. О. Модернизация электроэнергетики: проблемы и перспективы // *Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития* – 2013. – № 2 – С. 113–116.
3. Мониторинг «О текущей ситуации в экономике Российской Федерации по итогам первого полугодия 2016 года» [Электронный ресурс] – URL: <http://economy.gov.ru/minec/about/structure/depmacro/20160728> (дата обращения: 03.10.2016) – С. 64–65.
4. Об итогах социально-экономического развития Российской Федерации в 2015 году [Электронный ресурс] – URL: <http://economy.gov.ru/minec/about/structure/depmacro/2016090201> (дата обращения: 03.10.2016) – С. 85–86.
5. Першина Т. А., Лымарева Т. П. Тенденции и перспективы формирования и реализации потенциала энергосбережения объектов недвижимости города // *Инвестиции, строительство и недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики. Материалы Пятой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 10–13 марта 2015 г.: в 2 ч. Ч. 1* [Текст] / под ред. Т. Ю. Овсянниковой. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2015 – С. 257–262.
6. Роговая М. Горение твердого топлива: перспективы угольной энергетики // *Инновации. Технологии. Решения* [Электронный ресурс] – URL: <http://www.sibai.ru/gorenie-tverdogo-topliva-perspektivy-ugolnoj-energetiki.html> (дата обращения: 03.10.2016).
7. Сергеев Н. Н. Основные направления развития и модернизации электроэнергетики // *Вестник удмуртского университета* т. 26, вып. 1 – 2016 – С. 49–53 [Электронный ресурс] – URL: [http://en.vestnik.udsu.ru/files/originsl\\_art](http://en.vestnik.udsu.ru/files/originsl_art)

- icles /vuu\_16\_021\_07.pdf (дата обращения: 08.12.2016).
8. Хлебалин Ю. М. Эффективность модернизации и реконструкции действующих ТЭЦ // Вестник Саратовского государственного технического университета № 3с (61) / том 4 / 2011 – С. 238–243 [Электронный ресурс] – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-modernizatsii-i-rekonstruktsii-deystvuyuschih-tets> (дата обращения: 03.10.2016).
- Bibliograficheskiy spisok**
1. Guseva N. V., Shevchenko N. Ju. Ocenka jekonomicheskoy jeffektivnosti proektov modernizatsii jelektrojenergeticheskikh ob#ektov // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. – 2014. – № 11-1. – S. 52–56; [Jelektronnyj resurs] URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=34313> (дата obrashheniya: 08.12.2016).
  2. Matveeva K. P., Kulikova S. V., Shishkina P. O. Modernizatsiya jelektrojenergetiki: problemy i perspektivy // Infrastrukturnye otrasli jekonomiki: problemy i perspektivy razvitija – 2013. – № 2 – S. 113–116.
  3. Monitoring «O tekushhej situacii v jekonomike Rossijskoj Federacii po itogam pervogo polugodija 2016 goda» [Jelektronnyj resurs] – URL: <http://economy.gov.ru/minec/about/structure/depmacro/20160728> (дата obrashheniya: 03.10.2016) – S. 64–65.
  4. Ob itogah social'no-jekonomicheskogo razvitija Rossijskoj Federacii v 2015 godu [Jelektronnyj resurs] – URL: <http://economy.gov.ru/minec/about/structure/depmacro/2016090201> (дата obrashheniya: 03.10.2016) – S. 85–86.
  5. Pershina T. A., Lymareva T. P. Tendencii i perspektivy formirovaniya i realizacii potenciala jenergosberezhenija ob'ektov nedvizhimosti goroda // Investicii, stroitel'stvo i nedvizhimost' kak material'nyj bazis modernizacii i innovacionnogo razvitija jekonomiki. Materialy Pjatoj Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, 10–13 marta 2015 g.: v 2 ch. Ch. 1 [Tekst] / pod red. T. Ju. Ovsjannikovej. – Tomsk : Izd-vo Tom. gos. ar- hit.-stroit. un-ta, 2015 – S. 257–262.
  6. Rogovaja M. Gorenje tverdogo topliva: perspektivy ugol'noj jenergetiki // Innovacii.Tehnologii.Reshenija [Jelektronnyj resurs] – URL: <http://www.sibai.ru/gorenje-tverdogo-topliva-perspektivy-i-ugolnoj-energetiki.html> (дата obrashheniya: 03.10.2016).
  7. Sergeev N. N. Osnovnye napravlenija razvitija i modernizacii jelektrojenergetiki // Vestnik udmurtskogo universiteta t. 26, vyp. 1 – 2016 – S. 49–53 [Jelektronnyj resurs] – URL: [http://en.vestnik.udsu.ru/files/originsl\\_articles/vuu\\_16\\_021\\_07.pdf](http://en.vestnik.udsu.ru/files/originsl_articles/vuu_16_021_07.pdf) (дата obrashheniya: 08.12.2016).
  8. Hlebalin Ju. M. Jefferektivnost' modernizacii i rekonstrukcii dejstvujushchih TJeC // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta № 3с (61) / том 4 / 2011 – S. 238–243 [Jelektronnyj resurs] – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-modernizatsii-i-rekonstruktsii-deystvuyuschih-tets> (дата obrashheniya: 03.10.2016).

© Киселев Д. Е.,  
Клишина А. С., 2017.