

**Д.Н. Касемканов<sup>1\*</sup>, А.Т. Жумагажинов<sup>2</sup>, А.С. Кузкенов<sup>2</sup>, Ж.А. Какибаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Шәкәрім университет,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А,

<sup>2</sup>Государственное коммунальное предприятие «Теплокоммунэнерго»,

071417, Республика Казахстан, г. Семей, пр. Ауэзова, 111

\*e-mail: kasemkanov.dastan@gmail.com

## АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ ТЭЦ

**Аннотация:** В статье рассматривается проблема снижения энергоэффективности системы топливоснабжения на тепловых электроцентралях (ТЭЦ), связанная с использованием угля различных марок и технологическим износом оборудования. Целью исследования является анализ текущего состояния системы топливоподачи ТЭЦ-1 г. Семей с последующим определением потерь тепла и расчетом ее эффективности в зависимости от вида используемого угля. Объектом исследования выбрана ТЭЦ-1 г. Семей, где актуальной задачей стала необходимость перехода с проектного кузнецкого угля на местный уголь с разреза Каражыр. В статье описана технологическая схема топливоподачи, даны характеристики используемых углей, в том числе выполнен тепловой расчет, включающий оценку потерь на различных стадиях, таких как качество топлива, условия его хранения и транспортировки, влияющих на надежность системы. Результаты показали, что использование кузнецкого угля позволяет достичь более высокого КПД системы (97,2%) по сравнению с каражыринским углем (94,8%) за счет его лучших топливных характеристик. Научная ценность: На основе проведенного анализа предложены направления повышения эффективности действующих систем. Практическая ценность: Результаты могут быть использованы при модернизации аналогичных энергетических объектов.

**Ключевые слова:** топливоподача, ТЭЦ, уголь, КПД, дробилка, транспортные ленты, тепловые потери.

### Введение

Несмотря на развитие альтернативных источников энергии, уголь по-прежнему остается одним из наиболее распространенных видов топлива, используемых на тепловых электроцентралях (ТЭЦ) по всему миру. Он занимает второе место по значимости среди источников первичной энергии после нефти и обеспечивает около четверти мирового потребления энергоресурсов. Казахстан располагает значительными запасами угля — по оценкам, страна обеспечена этим ресурсом более чем на 500 лет, что делает его стратегически важным для национальной энергетики [1].

Основу работы ТЭЦ составляет процесс сжигания топлива, в том числе угля, для выработки тепловой и электрической энергии. Важнейшую роль в обеспечении эффективности и надёжности функционирования станции играет система топливоподачи - технологический комплекс, отвечающий за транспортировку, подготовку, хранение и подачу топлива к котлам. Любые отклонения или сбои в этой системе ведут к снижению КПД, увеличению затрат или же к ухудшению экологических показателей [2].

Несмотря на то, что оборудование, применяемое в системах топливоподачи, было спроектировано еще в середине прошлого века, морально и физически устарело, в настоящее время его продолжают эксплуатировать. Низкая эффективность систем топливоподачи приводит к снижению общего КПД на ТЭЦ, увеличению потерь энергии [3].

Актуальность данной работы заключается в необходимости повышения эффективности системы топливоподачи за счет анализа и оптимизации ее ключевых процессов.

### Объект исследования

Объектом исследования в данной работе является система топливоподачи ТЭЦ-1 города Семей. Данная станция является ключевым источником теплоснабжения и электроснабжения для города и близлежащих районов. Выбор ТЭЦ-1 в качестве объекта исследования обусловлен актуальной проблемой перехода с кузнецкого угля на местный

уголь разреза Каражыра, обладающий иными физико-химическими характеристиками. Такая замена обуславливается месторождения угля Каражыра и снижением стоимости топлива.

Схема системы топливоподачи представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема системы топливоподачи

Система топливоподачи ТЭЦ-1 г. Семей включает в себя комплекс технологического оборудования и инфраструктуры, обеспечивающих транспортировку, подготовку, хранение и подачу твердого топлива в топочные устройства. В частности, в состав системы входят: железнодорожные пути разгрузки, вагоноопрокидыватель, открытый склад угля, бульдозерная техника для формирования штабелей, дробильные установки, ленточные конвейеры, пересыпные узлы, сортировка, фракционирование, дробление и подача при помощи конвейеров.

В настоящий момент работает одна нитка топливоподачи, вторая – в резерве [4]. Рабочие параметры транспортных лент, характеристики дробилок и другие элементы инфраструктуры задействованы в расчете тепловых потерь, возникающих на различных этапах подготовки и подачи топлива.

Основные элементы системы топливоподачи:

- узел пересыпки играет ключевую роль в регулировании подачи топлива. Современные автоматизированные системы обеспечивают точный контроль дозировки угля, что не только позволяет экономить топливо, но и уменьшает выбросы, благодаря более равномерному и контролируемому процессу сжигания. Это особенно актуально в условиях растущих экологических требований;

- дробилки на ТЭЦ предназначены для улучшения транспортировки и сжигания угля. Механическое измельчение помогает достичь более однородной фракции, что способствует более полному и эффективному сгоранию. Важно отметить, что выбор типа дробилки (молотковой, роликовой и других) зависит от характеристик угля, его влажности и твердости. Каждая из них оптимальна для определенных условий эксплуатации;

- транспортные ленты на ТЭЦ используются для перемещения угля или других материалов с минимальными затратами энергии, что критически важно для поддержания экономической эффективности работы станции. Ленточный транспортер топливоподачи устанавливается как в открытых, так и в закрытых галереях топливоподачи [5]. Конструкция ленты должна быть рассчитана на работу с большими нагрузками, так как на ТЭЦ часто применяется крупный уголь или различные виды сырья. Для повышения долговечности и эффективности ленты могут быть оснащены защитными элементами от износа. Параметры транспортных лент приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры транспортных лент

Ленточный конвейер	№ 1	№ 2А
Длина ЛК, м факт.	115	93
Длина ленты, м	240	140
Ширина ЛК, мм	1800	1600
Высота ЛК до верха ленты, мм	1000	1000

В настоящее время действующая система топливоподачи предназначена для транспортировки угля разреза Каражыра, состав угля представлен на рисунке 2 [6].

При проектировании ТЭЦ-1 предполагалось использование кузнечного угля. Его состав представлен на рисунке 3.

Для проведения теплового расчёта транспортёра использовалась стандартная методика [7-10].

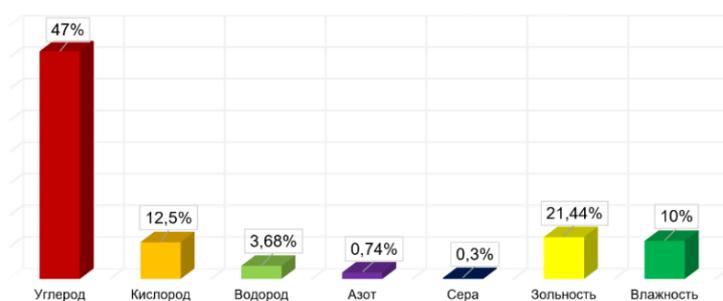


Рисунок 2 – Элементарный состав угля разреза Каражыра

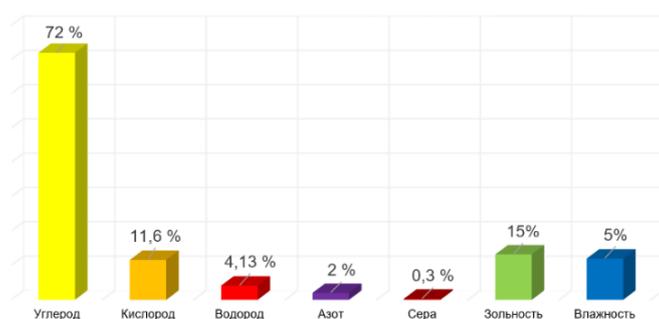


Рисунок 3 – Элементарный состав Кузнецкого угля

### Результаты исследований

В результате была рассчитана эффективность работы системы топливоподачи ТЭЦ-1 города Семей при использовании двух типов топлива – угля разреза Каражыра и кузнецкого угля. Расчеты основаны на теплотехнической методике, учитывающей тепловые потери на основных этапах: транспортировка, дробление, сушка и хранение топлива. Основные результаты приведены в таблицах 2, 3.

Таблица 2 – Тепловой расчет систем топливоподачи на примере ТЭЦ-1 города Семей

Параметр	Обозначение и единицы измерения	Уголь	
		Каражыринский	Кузнецкий
Теплотворная способность угля	$Q_i$	20112 кДж/кг (4800 ккал/кг)	27235 кДж/кг (6500 ккал/кг)
Массовый расход угля	G	120 т/ч	90 т/ч
Влажность угля	$W_p$	10 %	5 %
Зольность угля	$A_p$	21 %	15 %
Температура угля на входе	$t_1$	20 °С	25 °С
Температура угля после сушки	$t_2$	110 °С	120 °С
Энергия затраченная на дробление	$W_m$	400 кВт	350 кВт
Потери тепла при сушке	$Q_c$	627 кДж/кг (150 ккал/кг)	418 кДж/кг (100 ккал/кг)
Потери при транспортировке	$Q_{тр}$	209 кДж/кг (50 ккал/кг)	167 кДж/кг (40 ккал/кг)
Общие тепловые потери	$Q_{пот}$	1046 кДж/кг (250 ккал/кг)	753 кДж/кг (180 ккал/кг)
КПД системы топливоподачи	$\eta_{ТП}$	94,8 %	97,2 %

Таблица 3 – Общие тепловые потери

Тип потерь	Каражыринский	Кузнецкий
Потери при транспортировке	200 кДж/кг (48 ккал/кг)	217 кДж/кг (52 ккал/кг)
Потери при дроблении	1200 кДж/кг (287 ккал/кг)	1401 кДж/кг (335 ккал/кг)
Потери при сушке	251 кДж/кг (60 ккал/кг)	125 кДж/кг (30 ккал/кг)
Потери при хранении	100 кДж/кг (24 ккал/кг)	108 кДж/кг (26 ккал/кг)
Общие потери $Q_{пот}$	1751 кДж/кг (419 ккал/кг)	1851 кДж/кг (443 ккал/кг)

Как видно из представленных данных, существенные различия наблюдаются в теплотворной способности топлива: у кузнецкого угля она составляет 6500 ккал/кг, тогда как у каражыринского – лишь 4800 ккал/кг. Это напрямую влияет на общий коэффициент полезного действия (КПД) системы: 97,2% для кузнецкого угля против 94,8% для угля Каражыра.

Также были зафиксированы отличия в потерях тепла при сушке: у каражыринского угля они выше (150 ккал/кг), что обусловлено большей влажностью (10% против 5%). Потери на дробление и транспортировку оказались схожими по величине, но в совокупности они также способствуют снижению эффективности при использовании местного топлива.

#### Обсуждение научных результатов

Таким образом, при переходе с проектного топлива на альтернативное наблюдается снижение КПД на 2,4 процентных пункта. Это важно учитывать при планировании режимов работы оборудования и разработке мероприятий по повышению эффективности. Итоги расчётов показывают необходимость оптимизации текущей системы подачи и подготовки угля, либо корректировки режима сушки и дробления для компенсации потерь.

Результаты демонстрируют, что выбор марки угля оказывает значительное влияние на эффективность всей системы. Уголь с высокой теплотворной способностью и низкой влажностью позволяет сократить энергетические затраты на его подготовку, тем самым повышая общий КПД топливоподачи.

#### Заключение

В ходе исследования была подтверждена значительная зависимость эффективности системы топливоподачи от марки используемого угля. Проведённый сравнительный анализ показал, что кузнецкий уголь, обладая более высокой теплотворной способностью и меньшей влажностью, обеспечивает меньшие тепловые потери и более высокий коэффициент полезного действия по сравнению с углём разреза Каражыра. При использовании каражыринского угля фиксируется увеличение потерь на этапах сушки и дробления, что в совокупности снижает энергетическую эффективность системы.

Применённая методика теплового расчёта, включающая определение удельных потерь на каждом этапе топливоподачи, может быть успешно адаптирована и для других объектов с аналогичной структурой систем подачи топлива. Это делает исследование универсальным и применимым в более широком инженерно-энергетическом контексте.

#### Список литературы

1. AMM 2024: Угольная промышленность Казахстана и цифровизация горных работ, 2024. URL:<https://www.gov.kz/memleket/entities/mps/press/news/details/788299?lang=ru>.
2. Coal Handling Plant (CHP). – 2010. URL:<https://www.slideshare.net/slideshow/coal-handling-plant-chp/4529194#7>.
3. Назмеев Ю.Г. Системы топливоподачи и пылеприготовления ТЭС Справочное пособие / Ю.Г. Назмеев, Г.Р. Мингалеева. – М.: Издательский дом МЭИ, 2005. – 480 с.
4. АСУТП Топливоподачи ТЭЦ 1 (г. Семей). – 2022. URL:<https://treikaraganda.kz/index.php/projects/energetika/69-asutp-toplivopodachi-tets-1-g-semej>
5. Котельный завод «Теплоэнергетик» // Топливоподача. – 2009. URL:<https://kotel-kva.ru/fuel-feed.html>.
6. Хажидинова А.Р. Исследование эффективности сжигания непроектного угля / А.Р. Хажидинова // Вестник НЯЦ РК. – 2024. URL:<https://tech.vestnik.shakarim.kz/jour/article/view/1197/447>.
7. Мансуров В.И. Оборудование систем топливоподачи мощных отечественных ТЭС и пути их совершенствования / В.И. Мансуров, О.Н. Дегтев // Повышение технического уровня и надежности оборудования топливно-транспортных цехов тепловых электростанций. Тр. ВТИ. – Челябинск: Южно-Уральское книжное изд-во, 1983.
8. Гельперин Н.И. Топливоподача и сжигание топлива на ТЭС / Н.И. Гельперин, Ф.Р. Зайдельман. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
9. Investigation into the Influence of Temperature on the Formation of Nitrogen Oxides during the Staged Combustion of Low-Reactive Coal with the Use of Direct-Flow Burners / V. Prokhorov // Therm. Eng. – 2023. – № 70. – P. 711-718. <https://doi.org/10.1134/S0040601523090057>.

10. Турлуев В. Расчет тепловых схем котельных / В. Турлуев, А.Д. Мадаева, М.С. Удаева. – 2022. – 155 с. URL: [https://gstou.ru/sveden/files/Raschet\\_teplovyx\\_sxem\\_kotelynyx.docx.pdf?utm\\_source](https://gstou.ru/sveden/files/Raschet_teplovyx_sxem_kotelynyx.docx.pdf?utm_source)

### References

1. AMM 2024: Ugol'naya promyshlennost' Kazakhstana i tsifrovizatsiya gornyx rabot, 2024. URL:<https://www.gov.kz/memleket/entities/mps/press/news/details/788299?lang=ru>. (In Russian).
2. Coal Handling Plant (CHP). – 2010. URL:<https://www.slideshare.net/slideshow/coal-handling-plant-chp/4529194#7>. (In English).
3. Nazmeev YU.G. Sistemy toplivopodachi i pyleprigotovleniya TEHS Spravochnoe posobie / YU.G. Nazmeev, G.R. Mingaleeva. – M.: Izdatel'skii dom MEHI, 2005. – 480 s. (In Russian).
4. ASUTP Toplivopodachi TEHTS 1 (g. Semei). – 2022. (In Russian). URL:<https://treikaraganda.kz/index.php/projects/energetika/69-asutp-toplivopodachi-tets-1-g-semej>
5. Kotel'nyi zavod «Teploehnergetik» // Toplivopodacha. – 2009. URL:<https://kotel-kva.ru/fuel-feed.html>. (In Russian).
6. Khazhidinova A.R. Issledovanie ehffektivnosti szhiganiya neproektnogo uglya / A.R. Khazhidinova // Vestnik NYATS RK. – 2024. URL:<https://tech.vestnik.shakarim.kz/jour/article/view/1197/447>. (In Russian).
7. Mansurov V.I. Oborudovanie sistem toplivopodachi moshchnykh otechestvennykh TEHS i puti ikh sovershenstvovaniya / V.I. Mansurov, O.N. Degtev // Povyshenie tekhnicheskogo urovnya i nadezhnosti oborudovaniya toplivno-transportnykh tsekhov teplovykh ehlektrostantsii. Tr. VTI. – Chelyabinsk: Yuzhno-Ural'skoe knizhnoe izd-vo, 1983. (In Russian).
8. Gel'perin N.I. Toplivopodacha i szhiganie topliva na TEHS / N.I. Gel'perin, F.R. Zaidel'man. – M.: Ehnergoatomizdat, 1989. (In Russian).
9. Investigation into the Influence of Temperature on the Formation of Nitrogen Oxides during the Staged Combustion of Low-Reactive Coal with the Use of Direct-Flow Burners / V. Prokhorov // Therm. Eng. – 2023. – № 70. – R. 711-718. <https://doi.org/10.1134/S0040601523090057>. (In English).
10. Turluev V. Raschet teplovykh skhem kotel'nykh / V. Turluev, A.D. Madaeva, M.S. Udaeva. – 2022. – 155 s. URL: [https://gstou.ru/sveden/files/Raschet\\_teplovyx\\_sxem\\_kotelynyx.docx.pdf?utm\\_source](https://gstou.ru/sveden/files/Raschet_teplovyx_sxem_kotelynyx.docx.pdf?utm_source). (In Russian).

**Д.Н. Касемканов<sup>1</sup>, А.Т. Жумагажинов<sup>2</sup>, А.С. Кузкенов<sup>2</sup>, Ж.А. Какибаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Шәкәрім университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глиники к-сі, 20 А

<sup>2</sup>Мемлекеттік коммуналдық кәсіпорын «Теплокоммунэнерго»,

071417, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Ауэзова, 111

e-mail: kasemkanov.dastan@gmail.com

### ЖЭО ОТЫН БЕРУ ЖҮЙЕСІН ТАЛДАУ

Мақалада әртүрлі маркалы көмірді пайдаланумен және Жабдықтың технологиялық тозуымен байланысты жылу электр орталықтарындағы (ЖЭО) отынмен жабдықтау жүйесінің энергия тиімділігін төмендету мәселесі қарастырылады. Зерттеудің мақсаты-Семей қаласының ЖЭО-1 отын беру жүйесінің ағымдағы жағдайын талдау, содан кейін жылу шығынын анықтау және пайдаланылатын көмір түріне байланысты оның тиімділігін есептеу. Зерттеу нысаны ретінде Семей қаласының 1-ЖЭО таңдалды, онда өзекті міндет Қаражыр кенішінен жобалық Кузнецк көмірінен жергілікті көмірге көшу қажеттілігі болды. Мақалада жанармай берудің технологиялық схемасы сипатталған, пайдаланылған көмірдің сипаттамалары келтірілген, соның ішінде жылу есептеуі отынның сапасы, оны сақтау және тасымалдау шарттары сияқты жүйенің сенімділігіне әсер ететін әртүрлі кезеңдердегі шығындарды бағалауды қамтиды. Нәтижелер Кузнецк көмірін пайдалану оның ең жақсы отын өнімділігі есебінен қаражыр кенішінен (94,8%) салыстырғанда жүйенің жоғары тиімділігіне (97,2%) қол жеткізуге мүмкіндік беретінін көрсетті. Ғылыми құндылығы: жүргізілген талдау негізінде қолданыстағы жүйелердің тиімділігін арттыру бағыттары ұсынылды. Практикалық құндылық: нәтижелерді ұқсас энергетикалық объектілерді модернизациялау кезінде пайдалануға болады.

**Түйін сөздер:** отын беру, ЖЭО, көмір, ПӘК, ұсатқыш, көлік ленталары, жылу шығыны.

**D.N. Kasemkanov<sup>1</sup>, A.T. Zhumagazhinov<sup>2</sup>, A.S. Kuzkenov<sup>2</sup>, Z.A. Kakibaev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Shakarim University,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

<sup>2</sup>State public utility company «Теплокоммунэнерго»,

071417, Republic of Kazakhstan, Semey, 111 Auezova

\*e-mail: kasemkanov.dastan@gmail.com

## **ANALYSIS OF THE CHP FUEL SUPPLY SYSTEM**

*This article discusses the problem of reducing the energy efficiency of the fuel supply system at thermal power plants (CHP), associated with the use of coal of various brands and technological wear of equipment. The purpose of the study is to analyze the current state of the CHPP-1 fuel supply system in Semey, followed by the determination of heat losses and calculation of its efficiency depending on the type of coal used. The CHPP-1 in Semey was chosen as the object of the study, where the urgent task was the need to switch from project Kuznetsk coal to local coal from the Karazhyr mine. The article describes the technological scheme of fuel supply, gives the characteristics of the coals used, including a thermal calculation, including an assessment of losses at various stages, such as fuel quality, conditions of its storage and transportation, affecting the reliability of the system. The results showed that the use of Kuznetsk coal makes it possible to achieve a higher system efficiency (97.2%) compared to Karazhyrinsky coal (94.8%) due to its better fuel characteristics. Scientific value: Based on the analysis, the directions for improving the efficiency of existing systems are proposed. Practical value: The results can be used in the modernization of similar energy facilities.*

**Key words:** fuel supply, CHP, coal, supply, efficiency, crusher, transport belts, heat losses.

### **Сведения об авторах**

**Дастан Нурланулы Касемканов\*** – магистрант кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Шәкәрім университет, Республика Казахстан; e-mail: kasemkanov.dastan@gmail.com.

**Аскар Токишевич Жумагажинов** – ведущий инженер ПТО ТЭЦ-1; ГКП «Теплокоммунэнерго» города Семей, Республика Казахстан; e-mail: Zhumagazhinov1970@mail.ru.

**Алмас Салакиденович Кузкенов** – начальник ТЭЦ-1; ГКП «Теплокоммунэнерго» города Семей, Республика Казахстан; e-mail: qwertynnh@gmail.com.

**Жандос Абдрахманович Какибаев** – заместитель директора по производству ГКП «Теплокоммунэнерго» города Семей, Республика Казахстан; e-mail: Zkakibayev@mail.ru.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Дастан Нурланулы Касемканов\*** – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының магистранты; Шәкәрім университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: nurka20029568@gmail.com.

**Аскар Токишевич Жумагажинов** – ӨТБ жетекші инженері; Семей қаласының «Теплокоммунэнерго» МКҚ, Қазақстан Республикасы; e-mail: Zhumagazhinov1970@mail.ru.

**Алмас Салакиденович Кузкенов** – ЖЭО-1 басшысы; Семей қаласының «Теплокоммунэнерго» МКҚ, Қазақстан Республикасы; e-mail: qwertynnh@gmail.com.

**Жандос Абдрахманович Какибаев** – директордың өндіріс жөніндегі орынбасары Семей қаласының «Теплокоммунэнерго» МКҚ, e-mail: Zkakibayev@mail.ru.

### **Information about the authors**

**Dastan Nurlanuly Kasemkanov\*** – master's student of the Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: kasemkanov.dastan@gmail.com.

**Askar Tokishevich Zhumagazhinov** – the leading engineer of PTD: State Enterprise Teplocommunenergo of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: Zhumagazhinov1970@mail.ru.

**Almas Salakidenovich Kuzkenov** – head of CHPP-1; State Enterprise Teplocommunenergo of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: qwertynnh@gmail.com.

**Zandos Abdrakhmanovich Kakibaev** – Deputy Director of Production CHPP-1; State Enterprise Teplocommunenergo of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: Zkakibayev@mail.ru.

*Поступила в редакцию 18.03.2025*

*Поступила после доработки 28.05.2025*

*Принята к публикации 02.06.2025*