

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

---

№ 1 (2026)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**Вестник Торайгыров университета**

**Энергетическая серия**  
выходит 4 раза в год

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

**Подписной индекс – 76136**

---

<https://doi.org/10.48081/BGQF1934>

**Бас редакторы – главный редактор**

Талипов О. М.

*доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)*

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошекков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Шерьязов С. К.	<i>т.ғ.д., профессор (Российская Федерация)</i>
Искакова З. С.	<i>технический редактор</i>

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/BGQF1953>

**А. К. Кинжибекова<sup>1</sup>, \*Б. И. Досаев<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Торайғыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар

<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5839-3001>

<sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0208-9912>

\*e-mail: [baltabek\\_dossaev@icloud.com](mailto:baltabek_dossaev@icloud.com)

## **АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЕРРОСПЛАВНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ ВТОРИЧНОГО ЭНЕРГОРЕСУРСА НА ПРЕДПРИЯТИИ**

*В статье рассматриваются пути повышения энергетической эффективности ферросплавного производства за счет использования теплового потенциала вторичных энергоресурсов (ВЭР). Проведен анализ образования и распределения ферросплавного газа, определена его роль как котельного топлива, рассчитан баланс тепловой энергии. Особое внимание уделено проблеме сжигания некондиционного ферросплавного газа на свечах, что приводит к потерям значительного объема потенциальной тепловой энергии и негативному воздействию на окружающую среду. В ходе исследования дана оценка достаточности ферросплавного газа для покрытия тепловых нагрузок при различных режимах работы предприятия и рассмотрены перспективы замещения внешних источников теплоснабжения за счет внутреннего энергетического потенциала. Дополнительно проанализированы существующие практики утилизации ВЭР, выявлены их ограничения и обозначены направления совершенствования технологий. Подчеркивается, что рациональное использование вторичных энергоресурсов способствует не только экономии топлива, но и сокращению выбросов парниковых газов, что особенно актуально в условиях ужесточения экологических требований. Полученные результаты подтверждают необходимость внедрения инновационных технических решений, ориентированных на комплексное использование ВЭР, что позволит существенно снизить*

*топливно-энергетические затраты и повысить экологическую безопасность производства.*

*Ключевые слова: ферросплавное производство, вторичные энергоресурсы, энергетическая эффективность, ферросплавный газ, тепловая энергия.*

## **Введение**

Современное промышленное производство характеризуется высокой энергоёмкостью и существенными потерями тепловой энергии. Наиболее остро проблема энергосбережения стоит в металлургии и, в частности, в ферросплавной промышленности, где до 30–40 % потребляемых энергоресурсов теряется в виде вторичных энергоресурсов (ВЭР) [1, с. 326]. В условиях роста цен на топливо, ужесточения экологических требований и повышения конкуренции необходимость комплексного использования ВЭР становится стратегическим направлением развития предприятий.

Одним из ключевых ВЭР ферросплавного производства является ферросплавный газ, образующийся в процессе выплавки сплавов. Ферросплавный газ имеет высокую теплотворную способность, но используется неэффективно и сжигается на факелах, что приводит к потерям тепловой энергии и увеличению выбросов в атмосферу [2, с. 736].

Цель работы – выявление резервов повышения энергоэффективности за счёт утилизации теплового потенциала ВЭР.

## **Материалы и методы**

В качестве исходных материалов использовались производственные данные за 2023–2024 годы, включая показатели по объёму образования ферросплавного газа, данные о его составе и теплотворной способности, сведения о работе котельных, а также архивные данные по отпуску тепловой энергии для нужд предприятия.

Ход работы включал систематизацию и обработку данных, составление топливно-энергетического баланса предприятия, построение упрощённых диаграмм распределения тепловых потоков и анализ сезонных колебаний образования и использования ферросплавного газа. Отдельное внимание уделялось оценке дефицита тепловой энергии в отопительный период и объёмов компенсации за счёт мазута.

В исследовании применялись следующие методы:

– балансовый метод – для определения соответствия между образованием ферросплавного газа и тепловой нагрузкой;

– теплотехнические расчёты – для перевода объёмов газа в энергетические показатели (ГДж, т у.т.);

- сравнительный анализ – для сопоставления данных по разным сезонам года;
- нормативные методики – в соответствии с РД 34.09.101-94 [3, с. 54] для оценки эффективности утилизации вторичных энергоресурсов;
- графо-аналитический метод – для построения диаграмм и таблиц, наглядно отражающих профицит и дефицит газа.

Таким образом, используемый комплекс методов позволил получить объективную оценку потенциала утилизации ферросплавного газа и выработать рекомендации по повышению энергетической эффективности производства.

### Результаты и обсуждение

Ферросплавный газ образуется в процессе плавки ферросплавов и характеризуется высоким содержанием окиси углерода (до 64 %). Низшая теплота сгорания газа составляет 7 620,8 кДж/м<sup>3</sup>, что делает его сопоставимым по энергетическому потенциалу с низкокалорийными промышленными газами [4, с. 215].

В таблице 1 представлены основные характеристики ферросплавного газа.

Таблица 1 – Основные характеристики ферросплавного газа

Показатель	Значение
Низшая теплота сгорания, кДж/м <sup>3</sup>	7 620,8
CO, %	64
H <sub>2</sub> , %	7
O <sub>2</sub> , %	2
CO <sub>2</sub> , %	18
N <sub>2</sub> , %	6
CH <sub>4</sub> , %	1
H <sub>2</sub> O, %	2

Общий объём образования ферросплавного газа в 2024 году составил 599,9 млн м<sup>3</sup>. Из данного количества газа около 22% (132,4 млн м<sup>3</sup>) признано непригодным к использованию на котлах (некондиционным) и сожжено на свечах, что эквивалентно 686,6 тыс. кДж тепловой энергии [5, с. 178].

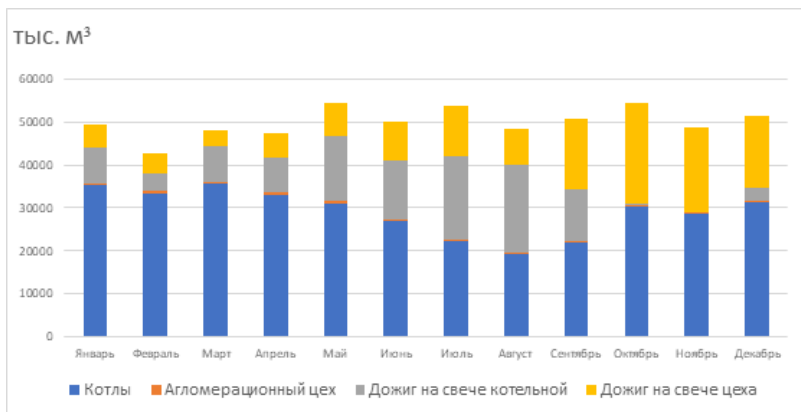


Рисунок 1 – Распределение ферросплавного газа в 2024 году

Анализ диаграммы показывает, что 58 % ферросплавного газа используется на котлах, 19 % – сжигается на свече котельной, 22 % – непригодный для использования газ, менее 1 % – используется в агломерационном цехе.

Таким образом, значительная часть (около 42 %) энергетического потенциала остаётся невостребованной, что снижает эффективность производства и увеличивает углеродный след предприятия.

Система теплоснабжения завода включает два основных источника:

- Районную отопительную котельную;
- Газомазутную котельную, функционирующую преимущественно на ферросплавном газе.

Согласно архивным данным, общий отпуск тепловой энергии в 2024 году составил 1 105 тыс. Гкал, из которых 59 % приходится на районную котельную и 41 % – на газомазутную котельную.

Таблица 2 – Баланс тепловой энергии за 2024 г.

Источник	Выработка, Гкал	Доля, %
Районная отопительная котельная	654 037	59
Газомазутная котельная	451 448	41
Итого	1 105 485	100

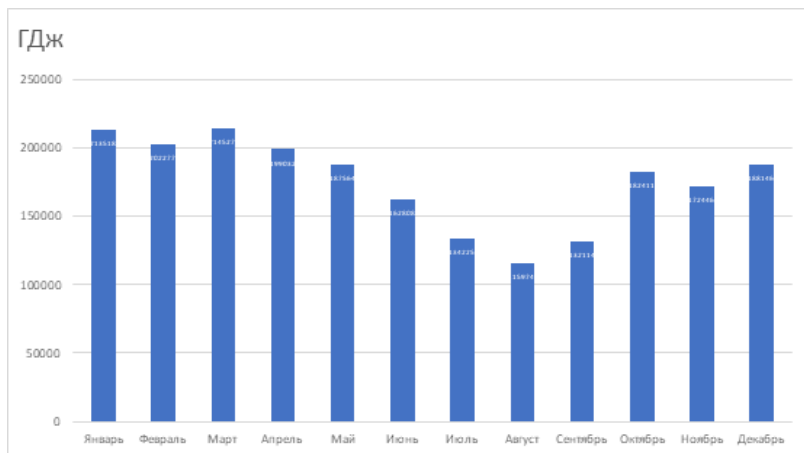


Рисунок 2 – Динамика отпуска тепловой энергии от районной отопительной и газомазутной котельных в течение года

Динамика отпуска тепловой энергии в течение года показывает сезонные колебания, с пиком в январе–марте и минимумом в июле–августе. Эти колебания создают дисбаланс между образованием и потреблением ферросплавного газа.

В исследовании рассмотрена возможность отключения районной отопительной котельной от системы теплоснабжения завода и перевод нагрузки на газомазутную котельную. В этом случае потребность в дополнительной выработке тепловой энергии составит около 123 тыс. Гкал/год [6, с. 15–97].

В таблице 3 представлен баланс ферросплавного газа и потребности мазута.

Таблица 3 – Баланс ферросплавного газа и потребности в мазуте

Период	Профицит/дефицит ферросплавного газа, тыс. м <sup>3</sup>	Эквивалент мазута, тонн
Май-Сентябрь	+ 80 865	0
Октябрь-апрель	- 53 163	8 045

Расчёты показали, что в летний период (май-сентябрь) наблюдается профицит ферросплавного газа, достаточный для покрытия всех потребностей. Однако в отопительный сезон возникает дефицит – порядка

53 млн м<sup>3</sup> в год. Для его компенсации требуется сжигание мазута в объёме до 8045 тонн в год [7, с. 205–214].

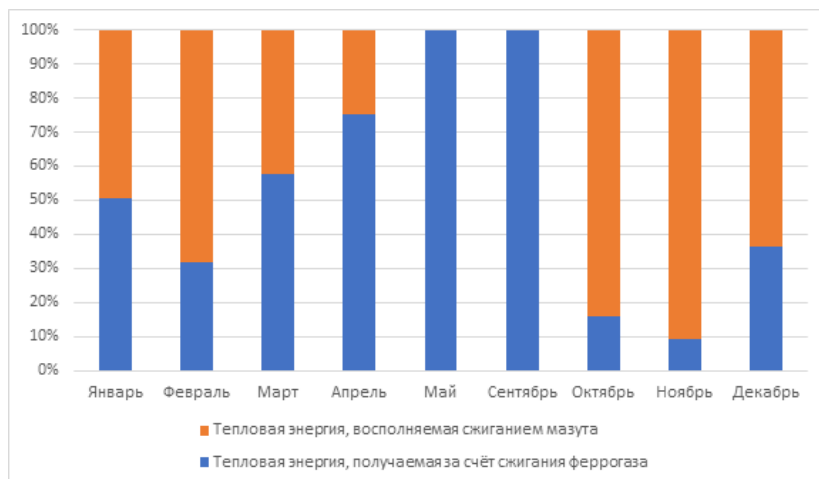


Рисунок 3 – Соотношение покрытия тепловой нагрузки ферросплавным газом и мазутом

Диаграмма на рисунке 3 показывает, что доля покрытия тепловой нагрузки ферросплавным газом в отопительный сезон составляет 44 %, остальное компенсируется мазутом. Таким образом, несмотря на значительный вклад ферросплавного газа, остается необходимость использования дополнительного топлива для полного покрытия потребностей в тепле. Это определяет распределение нагрузки между различными потребителями тепловой энергии.

Значительную часть тепловой нагрузки формируют газоочистные установки, которые потребляют около 27,4 Гкал/ч (48 % суммарной нагрузки) [8, с. 392]. Дополнительными потребителями являются бойлеры горячего водоснабжения, подогреватели мазута и деаэраторы.

Результаты проведенного анализа показывают:

- потенциал энергосбережения заключается в более полном использовании ферросплавного газа;
- основное препятствие – несоответствие между временем образования избыточного газа (лето) и высокой тепловой нагрузкой (зима);

– решением может быть внедрение технологий аккумулирования энергии (например, теплоаккумуляторов) или конверсии тепла в электрическую энергию [9, с. 120–135];

– дополнительный резерв – модернизация котельного оборудования и газоочистных установок с целью повышения их КПД.

Перевод части нагрузки с мазута на утилизированный газ позволит снизить расходы и уменьшить углеродный след предприятия [10, с. 44-103].

### **Выводы**

В статье представлен анализ теплового потенциала ферросплавного газа как вторичного энергоресурса. Показано, что ежегодно сжигается около 113,8 млн м<sup>3</sup> газа на свечах, что эквивалентно 686,6 тыс. кДж неостребованной тепловой энергии. Использование этого ресурса позволило бы существенно сократить затраты предприятия на первичные энергоресурсы.

Однако для обеспечения круглогодичного использования необходимо внедрение технологий аккумулирования, модернизация котельного оборудования и оптимизация режимов работы газоочистки. Комплексная реализация указанных мер позволит повысить энергетическую эффективность производства и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

### **Список использованных источников**

- 1 Кутателадзе, С. С. Тепломассообмен. – М. : Энергия, 1990. – 326 с.
- 2 Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Гидродинамика. – М. : Наука, 1986. – 736 с.
- 3 РД 34.09.101-94. Методические указания по определению эффективности утилизации ВЭР. – М., 1994. – 54 с.
- 4 Бегалиев, А. Б. Энергетическая эффективность промышленных предприятий Казахстана. – Алматы : КазНТУ, 2019. – 215 с.
- 5 Кинжибекова, А. К. Утилизация вторичных энергоресурсов на металлургических предприятиях. – Павлодар : Торайғыров университет, 2022. – 178 с.
- 6 International Energy Agency (IEA). Energy Efficiency in Industry. – Paris: IEA, 2022. – 15–97 p.
- 7 Zhang, Y., Wang, L. Waste Heat Recovery Technologies in Ferroalloy Production. // Energy Reports, 2021. – 205–214 p.
- 8 Smith, J. Industrial Energy Efficiency : Principles and Practice. – New York : Springer, 2020. – 392 p.
- 9 Lee, C. et al. Utilization of By-Product Gases in Metallurgical Plants // Journal of Cleaner Production, 2020. – 120–135 p.

10 World Bank. Energy Efficiency in Central Asia Industry. – Washington: WB, 2021. – 44-103 p.

## References

1 **Kutateladze, S. S.** Teplomassoobmen [Heat and mass transfer]. – Moscow : Energiya, 1990. – 326 p.

2 **Landau, L. D., Lifshitz, E. M.** Gidrodinamika [Hydrodynamics]. – Moscow : Nauka, 1986. – 736 p.

3 RD 34.09.101-94. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniu effektivnosti utilizatsii VER [Guidelines for determining efficiency of secondary energy resources utilization]. – Moscow, 1994. – 54 p.

4 **Begaliyev, A. B.** Energeticheskaya effektivnost promyshlennykh predpriyatiy Kazakhstana [Energy efficiency of industrial enterprises of Kazakhstan]. – Almaty, KazNTU, 2019. – 215 p.

5 **Kinzhibekova, A. B.** Utilizatsiya vtorichnykh energoresursov na merallurgicheskikh predpriyatiyah [Utilization of secondary energy resources at metallurgical enterprises]. – Pavlodar: Toraighyrov universitet, 2022. – 178 p.

6 International Energy Agency (IEA) // Energy Efficiency in Industry. – Paris: IEA, 2022. – 15–97 p.

7 **Zhang, Y., Wang, L.** Waste Heat Recovery Technologies in Ferroalloy Production // Energy Reports, 2021. – 205–214 p.

8 **Smith, J.** Industrial Energy Efficiency: Principles and Practice. – New York : Springer, 2020. – 392 p.

9 **Lee, C. et al.** Utilization of By-Product Gases in Metallurgical Plants // Journal of Cleaner Production, 2020. – 120–135 p.

10 World Bank. Energy Efficiency in Central Asia Industry. – Washington : WB, 2021. – 44–103 p.

Поступило в редакцию 30.09.25.

Поступило с исправлениями 12.11.25.

Принято в печать 27.02.26.

*А. К. Кинжибекова<sup>1</sup>, \*Б. И. Досаев<sup>2</sup>*

<sup>1,2</sup>Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

30.09.25 ж. баспаға түсті.

12.11.25 ж. түзетулерімен түсті.

27.02.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

## **КӘСІПОРЫНДА ФЕРРОҚОРЫТПА ГАЗЫН ЕКІНШІЛІК ЭНЕРГИЯ РЕСУРСЫ РЕТІНДЕ ПАЙДАЛАНУДЫ ТАЛДАУ**

*Мақалада ферроқорытпа өндірісінің энергетикалық тиімділігін арттыру жолдары екіншілік энергия ресурстарының (ЕЭР) жылулық әлеуетін пайдалану есебінен қарастырылады. Ферроқорытпа газының түзілуі мен таралуына талдау жүргізіліп, оның қазандық отыны ретіндегі рөлі анықталды, жылу энергиясының балансы есептелді. Ерекше назар жарамсыз ферроқорытпа газын алауларда жағу мәселесіне аударылды, бұл едәуір көлемдегі әлеуетті жылу энергиясының жоғалуына және қоршаған ортаға кері әсер етуіне алып келеді. Зерттеу барысында әртүрлі жұмыс режимдерінде кәсіпорынның жылу жүктемелерін жабуға ферроқорытпа газының жеткіліктілігі бағаланып, ішкі энергетикалық әлеует есебінен сыртқы жылумен жабдықтау көздерін алмастырудың болашағы қарастырылды. Қосымша түрде ЕЭР-ді кәдеге жарату бойынша қолданыстағы тәжірибелер талданып, олардың шектеулері анықталды және технологияларды жетілдіру бағыттары белгіленді. Екіншілік энергия ресурстарын ұтымды пайдалану тек отынды үнемдеуге ғана емес, сондай-ақ парниктік газдар шығарындыларын азайтуға ықпал ететіні атап өтіледі. Алынған нәтижелер ЕЭР-ді кеиенді пайдалануға бағытталған инновациялық техникалық шешімдерді енгізудің қажеттілігін растайды, бұл өз кезегінде отын-энергетикалық шығындарды едәуір төмендетуге және өндірістің экологиялық қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді.*

*Кілтті сөздер: ферроқорытпа өндірісі, екіншілік энергия ресурстары, энергетикалық тиімділік, ферроқорытпа газы, жылу энергиясы.*

*A. Kinzhibekova<sup>1</sup>, \*B. Dossayev<sup>2</sup>*

*<sup>1,2</sup>Toraighyrov University,  
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.*

*Received 30.09.25.*

*Received in revised form 12.11.25.*

*Accepted for publication 27.02.26.*

## **ANALYSIS OF THE USE OF FERROALLOY GAS AS A SECONDARY ENERGY RESOURCE AT THE ENTERPRISE**

*The article examines ways to improve the energy efficiency of ferroalloy production through the utilization of the thermal potential of secondary energy resources (SER). An analysis of the formation and distribution of ferroalloy gas was carried out, its role as boiler fuel was determined, and the heat energy balance was calculated. Particular attention is paid to the problem of flaring off off-grade ferroalloy gas, which leads to the loss of a significant amount of potential thermal energy and has a negative impact on the environment. The study assesses the sufficiency of ferroalloy gas to cover heat loads under various operating modes of the enterprise and considers the prospects for replacing external heat supply sources through the internal energy potential. In addition, existing practices for SER utilization were analyzed, their limitations identified, and directions for technology improvement outlined. It is emphasized that the rational use of secondary energy resources contributes not only to fuel savings but also to the reduction of greenhouse gas emissions, which is especially relevant under stricter environmental regulations. The results obtained confirm the need for the implementation of innovative technical solutions aimed at the integrated use of SER, which will significantly reduce fuel and energy costs and enhance the environmental safety of production.*

*Keywords: ferroalloy production, secondary energy resources, energy efficiency, ferroalloy gas, thermal energy.*

Теруге 13.03.2026 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2026 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

28.54 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: З. Ж. Шокубаева

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4523

Сдано в набор 13.03.2026 г. Подписано в печать 31.03.2023 г.

Электронное издание

28.54 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: З. Ж. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4523

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[www.vestnik-energy.tou.edu.kz](http://www.vestnik-energy.tou.edu.kz)