

Стратегия энергопотребления природного газа предприятиями черной металлургии

Кокшаров Владимир Алексеевич,

доктор экономических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»; ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения»

E-mail: vakoksharov@mail.ru

Киршина Ирина Артуровна,

кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики нефтяной и газовой промышленности, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет имени И.М.Губкина); докторант ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

E-mail: i.kirshina@yandex.ru

Существующие современные концептуальные подходы к формированию оценки стратегии потребления природного газа в черной металлургии не позволяют комплексно оценивать все процессы, которые протекают на предприятии, что сказывается на эффективности использования природного газа. В связи с тем, что природный газ играет важную роль универсального энергетического ресурса как в сфере экономики, так и в международной политике, современная стратегия оценки потребления природного газа в черной металлургии становится ключевым фактором повышения конкурентоспособности и гарантией устойчивого экономического роста черной металлургии страны.

В статье предложен концептуальный подход к формированию модели оценки стратегии использования природного газа на предприятиях черной металлургии, позволяющий своевременно принимать управленческие решения по повышению уровня организации эффективного энергопотребления на предприятии.

На основании предложенного концептуального подхода к оценке стратегии использования природного газа на предприятии черной металлургии можно утверждать, что такая оценка взаимосвязана с оценкой интегрального критерия реализации целей организации эффективного управления энергопотреблением.

Koksharov Vladimir A.,

Doctor of Sciences (Economics), Professor, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the First President of Russia B.N.Yeltsin»; Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural State University of Railway Engineering»

E-mail: vakoksharov@mail.ru

Kirshina Irina A.,

Candidate of Sciences (Economics), National University of Oil and Gas «Gubkin University»; Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the First President of Russia B.N.Yeltsin»

E-mail: i.kirshina@yandex.ru

NATURAL GAS ENERGY CONSUMPTION STRATEGY BY IRON AND STEEL INDUSTRY ENTERPRISES

The existing modern conceptual approaches to the formation of an assessment of the natural gas consumption strategy in the steel industry do not allow assessing comprehensively all the processes that occur in the enterprise affecting the efficiency of natural gas consumption. Due to the fact that natural gas acts an important role as a universal energy resource, both in the economy and in international politics, the modern strategy for assessing the consumption of natural gas in the steel industry is becoming a key factor in increasing competitiveness and guaranteeing sustainable economic growth of the country's steel industry.

The article proposes a conceptual approach to the development of the model in order to assess the strategy of natural gas consumption at iron and steel enterprises, which allows timely management decisions to be taken to increase the organization of efficient energy consumption at the enterprise.

Based on the proposed conceptual approach to assessing the strategy of natural gas consumption at the iron and steel industry, it can be stated that this assessment is interconnected with the assessment of the integral criterion for the implementation of the goals of organizing effective energy management.

Ключевые слова: модель, природный газ, энергоресурсы, оценка, критерий, гипотеза, коэффициент, эффективность.

Keywords: model, natural gas, energy resources, assessment, criterion, hypothesis, coefficient, efficiency.

Стагнация европейского спроса — это долгосрочный тренд, поэтому отечественной промышленности необходимо изменить стратегию потребления природного газа [1–5]. В этих условиях ПАО «Газпром» видит свою миссию в максимально эффективном и сбалансированном газоснабжении потребителей Российской Федерации и выполнении надежности долгосрочных контрактов по экспорту газа. На ПАО «Газпром» возложена обязанность обеспечить бесперебойное газоснабжение внутренних потребителей с одновременным выполнением условий по внешним контрактам и повышением рентабельности собственных продаж. Однако вопрос о возможности эффективного функционирования рынка природного газа и газовой промышленности в целом в условиях сложившейся монополизации остается актуальным [6–8].

В связи с этим становится актуальным эффективное потребление природного газа для крупных промышленных потребителей, к которым следует отнести черную металлургию.

Проблемы, связанные с оптимизацией структуры энергетического хозяйства черной металлургии, помогает разрешить методология системного подхода. Рассмотрение энер-

гохозяйства в качестве сложной динамической системы и оптимизация работы каждой подсистемы и учет их влияния на работу системы в целом могут дать желаемый результат, особенно на реконструируемых и проектируемых предприятиях. Однако такие этапы решения задачи оптимизации как получение корректной исходной информации для составления моделей всех подсистем системы, разработка программ для компьютеров, увязка локальных решений требуют значительных затрат времени. При этом сами модели теряют возможность их практического применения при изменении внешних факторов экономической ситуации на рынке.

На сегодняшний день потенциал энергосбережения металлургических предприятий определяется значительным моральным и физическим износом основных производственных фондов и неритмичностью работы металлургических предприятий. Эти факторы вместе с проблемой системы учета и контроля за расходом энергоресурсов определяют значительные нерациональные потери энергоресурсов на производстве (по разным оценкам экспертов до 70% от потенциала энергосбережения).

На сегодняшний день проблемы решения энергосбережения являются стратегическим

Таблица 1. Распределение ВЭР по основным переделам черной металлургии [10]

Наименование показателя	% к общему по отрасли	% к выходу
Коксохимическое	41,7	90
Доменное	37,0	85
Мартеновское	14,6	60
Прокатное	6,7	40
По отрасли	100	80

направлением для снижения издержек производства и повышения конкурентоспособности продукции предприятий на рынке [9].

Для решения этих проблем требуется стратегия энергоэффективного развития предприятия, а также инструментарий оценки такого развития.

Анализ источников вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) показывает, что на предприятиях черной металлургии существуют значительные потенциальные резервы энергосбережения за счет их вовлечения в производство и тем самым получения возможности экономить природный газ по основным переделам производства (табл. 1).

При переводе металлургических печей на природный газ производительность печей увеличивается. Производительность нагревательных печей ряда заводов после перевода их на природный газ увеличилась на 10%. Однако повышение производительности ограничивается пропускной способностью других агрегатов, работающих в одной поточной линии с печью, и требуется увязка и обоснование мощностей всей цепочки технологических процессов, а это уже вопросы совершенствования организации производства [11]. В черной металлургии были реализованы крупные инвестиционные проекты по применению природного газа как энергетического топлива: осуществлен перевод мартеновских печей на природный газ, что позволило высвободить значительное количество коксового газа, которое стали использовать при производстве синтетического аммиака. В связи с этим природный газ как ресурс стал определяющим и необходимым при формирова-

нии эффективного топливно-энергетического баланса (ТЭБ) предприятий черной металлургии [12].

Если исходить из упрощенной записи приходной части топливно-энергетического баланса (ТЭБ) предприятия, то ее можно представить следующим образом:

$$P_{\text{тэп}} = B + Q_{\text{газ}} + \mathcal{E} + \text{ВЭР}, \quad (1)$$

где: $P_{\text{тэп}}$ — потребность металлургического предприятия в топливно-энергетических ресурсах;

B — потребность металлургического предприятия в топливе;

$Q_{\text{газ}}$ — потребность металлургического предприятия в природном газе;

\mathcal{E} — потребность металлургического предприятия в электроэнергии;

ВЭР — потребность металлургического предприятия в ВЭР.

$$\text{ВЭР} = \text{ВЭР}_{\text{гор}} + \text{ВЭР}_{\text{теп}} + \text{ВЭР}_{\text{изб. дав}} \quad (2)$$

По энергетическому потенциалу ВЭР делятся на три основные группы:

$\text{ВЭР}_{\text{гор}}$ — горючие;

$\text{ВЭР}_{\text{теп}}$ — тепловые;

$\text{ВЭР}_{\text{изб. дав}}$ — избыточного давления.

Горючие ВЭР — это энергия одного производства, которая может быть утилизирована непосредственно в виде топлива в других производствах. Тепловые ВЭР — это физическая теплота отходящих газов, основной и побочной продукции производства. ВЭР избыточного давления — это потенциальная энергия покидающих установку газов, воды, пара, имеющих повышенное давление, которое может быть еще применено для производства

электроэнергии перед выбросом в окружающую среду.

Основываясь на записи выражений (1,2) можно смоделировать стартовую стратегию использования природного газа на металлургическом предприятии.

$$(I)' > (BЭP_{зop})', (BЭP_{мен})', (BЭP_{изб. дав})' > (Q_{газ})' > (B_{выб})' > (CO_2)' \quad (3)$$

$$S_3 < S_3^{до} \quad (4)$$

$$(Π_{тэp} / Д)'_{после} < (Π_{тэp} / Д)'_{до}, \quad (5)$$

где $(I)'$ — темпы роста инвестиций в энергосберегающие технологии предприятия;

$(BЭP_{зop})'$ — темпы роста использования горючих ВЭР при повышении эффективного использования природного газа на предприятии;

$(BЭP_{мен})'$ — темпы роста использования тепловых ВЭР при повышении эффективного использования природного газа на предприятии;

$(BЭP_{изб. дав})'$ — темпы роста использования ВЭР избыточного давления при повышении эффективного использования природного газа на предприятии;

$(Q_{газ})'$ — темпы роста использования природного газа при повышении эффективного его использования на предприятии;

$(B_{выб})'$ — темпы роста валовых выбросов вредных веществ от сжигания всего потребляемого топлива предприятием в атмосферу;

$(CO_2)'$ — темпы роста выделения CO_2 при повышении эффективного использования природного газа на предприятии;

S_3 — темпы роста энергетической составляющей в себестоимости продукции при повышении эффективного использования природного газа на предприятии;

$S_3^{до}$ — темпы роста энергетической составляющей в себестоимости продукции до повышения эффективного использования природного газа на предприятии;

$(Π_{тэp} / Д)'_{после}$ — темпы роста снижения энергоемкости продукции после повышения эффективного использования природного газа на предприятии;

$(Π_{тэp} / Д)'_{до}$ — темпы роста энергоемкости продукции до повышения эффективного использования природного газа на предприятии;

$Д$ — продукция металлургического предприятия.

В основе предлагаемой модели лежит повышение эффективности использования природного газа, поэтому темпы роста использования ВЭР должны опережать темпы роста природного газа, а это в свою очередь будет способствовать меньшему выделению CO_2 при потреблении энергоресурсов на предприятии и валовым выбросам вредных веществ от сжигания топлива в атмосферу.

На основе данной модели авторы предлагают оценивать стратегию использования природного газа на металлургическом предприятии по следующей формуле:

$$O_{cmp} = 1 - \frac{n}{m}, \quad (6)$$

где n — число нерациональных соотношений темпов роста в модели стратегии использования природного газа на металлургическом предприятии;

m — общее число рациональных соотношений темпов роста в модели стратегии использования природного газа на металлургическом предприятии.

В ходе исследования был проведен анализ эффективности использования природного газа Магнитогорского металлургического комбината (ММК) и Челябинского металлургического комбината (ЧМК). Оценка стратегии использования природного газа для ММК составила 0,72, для ЧМК — 0,68, что свидетельствует о резервах эффективного использования природного газа на комбинатах (табл. 2).

Если сравнивать энергоемкости технологических процессов в черной металлургии России с лучшими мировыми показателями, то сравнение будет не в пользу российской металлургии (табл. 3). Для экономически развитых стран в черной металлургии характерно последовательное снижение удельной энергоемкости с темпом 1–1,5% в год. Этого удается добиться массовым внедрением передовых энергосберегающих технологий, многие из которых были созданы в СССР, но получили широкое применение в западных странах [13]:

- непрерывная разливка стали (снижает удельный расход энергии на 20%);
- сухое тушение кокса;

Таблица 2. Оценка стратегии управления использованием природного газа металлургическим предприятием

$O_{стр}$	Уровень оценки стратегии управления
$0 < O_{стр} \leq 0,5$	Неудовлетворительный. Основные сроки и объемы инвестиционных проектов в рамках управления природным газом не соблюдаются, основные показатели технологической эффективности свидетельствуют о недостаточном уровне энергосбережения природного газа на предприятии.
$0,5 < O_{стр} < 1$	Удовлетворительный. Основные сроки и объемы инвестиционных проектов в рамках управления природным газом соблюдаются, показатели технологической эффективности свидетельствуют о повышении поэтапного уровня энергосбережения природного газа на предприятии.
$O_{стр} < 1$	Достигнутый. Цели управления природным газом реализованы, выполнены инвестиционные проекты по повышению технологической эффективности и достигнут целевой уровень энергосбережения природного газа на предприятии.

Таблица 3. Сравнение энергоемкости технологических процессов черной металлургии России с лучшими мировыми показателями [14]

Технология, процесс	Энергоемкость производства черных металлов, кг у. т./т	
	Средняя энергоемкость в России (2015 г.)	Лучшие зарубежные показатели
Производство окатышей	43,5	20,4
Производство кокса	47,3	27,2
Производство чугуна	574,6	414,8
Производство электростали из лома (электродуговые печи)	108,3	88,4
Технология прямого восстановления железа (электродуговые печи)	579,9	397,8
Производство стального проката	136,3	13,6–61,2

• испарительное охлаждение агрегатов, что позволяет снизить расход энергии в 2–3 раза по сравнению с оборотной/открытой системой охлаждения;

• применение газовых турбин, использующих избыточное давление доменного газа для производства электроэнергии.

Чтобы черная металлургия России развивалась энергоэффективно, инвестиции в модели оценки стратегии использования природного газа металлургическим предприятием должны стоять на первом месте (см. формулу (3)), что позволит на данном этапе сократить разрыв в энергоэффективности между черной металлургией России и западных стран и тем са-

мым приблизиться к их уровню, тогда уже на следующем этапе развития (ориентировочно через 5–10 лет, все зависит от объемов финансирования и т.д.) темпы роста инвестиций в модели могут уйти с первого места, и занять промежуточное значение по темпам роста в ряду предлагаемых показателей, что будет устойчиво обеспечивать стратегию энергоэффективности. Источниками финансирования таких инвестиций должны быть: фонд развития производства, амортизационные отчисления, нераспределенная прибыль, а также льготное налогообложение или налоговые каникулы на период выхода на проектную мощность нового технологического оборудования.

Возвращаясь к модели стратегии использования природного газа на металлургическом предприятии, можно при необходимости формирования данной стратегии опираться на ряд производных показателей от показателей, входящих в эту модель, если последовательно неравенство (3) разделить на темпы роста: использования горючих ВЭР; использования тепловых ВЭР; использования ВЭР избыточного давления; использования природного газа; темпы роста выделения CO₂; инвестиций в энергосберегающие технологии; выпускаемой продукции предприятием, и можно получить систему дополнительных динамических нормативов, формирующих стратегию использования природного газа на металлургическом предприятии, которые можно использовать как ориентиры (индикаторы) для устранения диспропорций при формировании данной стратегии. В связи с этим рассмотрим возможные диспропорции (табл. 4), анализ которых позволяет обнаружить, что между ними существует взаимосвязь, а это в определенной степени позво-

ляет предвидеть (спрогнозировать) последствия реализации инвестиционных проектов, что является очень важным при реализации энергоэффективной стратегии предприятия.

В Стратегию развития черной металлургии России на перспективу до 2030 г. введены индикаторы снижения энергоемкости продукции, которые являются целевыми показателями стратегии [15]. Однако целевые показатели стратегии энергоэффективности развития черной металлургии могут быть реализованы только в том случае, если уровень организации производства соответствует необходимым требованиям стратегии, для оценки которого необходима система показателей эффективного управления энергопотреблением металлургического предприятия в рамках целевых энергетических программ. В связи с этим предлагается система целевых показателей эффективной организации (ЦПЭО) энергопотребления на предприятии, которая должна состоять из двух групп: технологические и организационные показатели эффективности (табл. 5) [16].

Таблица 4. Классификация основных диспропорций при формировании стратегии использования природного газа на предприятии

Виды диспропорций	Потенциальные резервы повышения эффективности использования природного газа для устранения диспропорций	Значения NPV локальных инвестиционных проектов при внедрении их в производство
Технико-экономические	Снижение энергоемкости, материалоемкости; Снижение всех видов потерь продукции и энергоресурсов; Повышение качества и сроков службы продукции; Опережающее внедрение прогрессивных технологий; Оптимальная загрузка производственных мощностей.	NPV > 1, это означает, что инвестиционные проекты обеспечивают необходимые пропорции для повышения эффективности использования природного газа
Организационно-экономические	Совершенствование организации производства; Совершенствование производственно-хозяйственных связей; Совершенствование структуры производства.	
Социально-экономические	Предупреждение экологического ущерба; Предупреждение экологического риска; Учет социальных аспектов экономики предприятия; Материальное стимулирование интересов работающих.	
Общэкономические диспропорции НТП	Укрупнение единичных мощностей и реализация других способов концентрации металлургического производства; Электрификация металлургического производства; Энерготехнологическое комбинирование; Создание комплексных установок, подобранных по потенциалу используемых энергоресурсов.	

Таблица 5. Система показателей эффективной организации энергопотребления

Технологический показатель	Оценка	Организационный показатель	Оценка
Коэффициент использования горючих ВЭР	$K_{1гор}^{вэр}$	Коэффициент материального стимулирования энергосбережения	$K_{8}^{мат.стим.}$
Коэффициент использования тепловых ВЭР	$K_{2теп}^{вэр}$	Коэффициент ритмичности производства	$K_{9}^{рит.произв.}$
Коэффициент использования ВЭР избыточного давления	$K_{3изб.дав.}^{вэр}$	Коэффициент своевременности выполнения работ по контрольным точкам реализации инвестиционных проектов	$K_{10}^{контр.точки.}$
Коэффициент энергоемкости продукции	$K_{4энерг}$	Коэффициент полученного эффекта от реализации инвестиционных проектов	$K_{11}^{эффекта}$
Коэффициент доли затрат энергоресурсов в себестоимости продукции	$K_{5себест.}^{доля}$	Коэффициент текучести кадров	$K_{11}^{тек.}$
Коэффициент валовых выбросов вредных веществ	$K_{6выб.}^{вал}$	Коэффициент повышения квалификации кадров	$K_{12}^{пов.квал.}$
Коэффициент выделения CO_2	$K_{7CO_2}^{выд.}$	Коэффициент снижения заболеваемости кадров	$K_{13}^{забол.}$

Для оценки отдельного показателя эффективной организации энергопотребления устанавливаются нормативные показатели, в зависимости, от достижения которых определяется качественный уровень данного показателя, рациональное значение оценки которого должно быть равно единице. На основе полученных оценок показателей (коэффициенты в табл. 5) определяется интегральная оценка выполнения группы показателей технологической и организационной эффективности (табл. 5).

$$ПЭ_{группа}^{тех} = \sqrt[7]{K_{1гор}^{вэр} \cdot K_{2теп}^{вэр} \cdot K_{3изб.дав.}^{вэр} \cdot K_{4энерг} \cdot K_{5себест.}^{доля} \cdot K_{6выб.}^{вал} \cdot K_{7CO_2}^{выд.}} \rightarrow 1 \quad (7)$$

$$ПЭ_{группа}^{орг} = \sqrt[6]{K_{8}^{мат.стим.} \cdot K_{9}^{рит.произв.} \cdot K_{10}^{контр.точки} \cdot K_{11}^{эффекта} \cdot K_{12}^{пов.квал.} \cdot K_{13}^{забол.}} \rightarrow 1 \quad (8)$$

Затем определяется оценка интегрального критерия выполнения целей организации эффективного управления энергопотреблением предприятия:

$$\mathcal{E}_{инт} = \sqrt{ПЭ_{группа}^{тех} \cdot ПЭ_{группа}^{орг}} \rightarrow 1, \quad (9)$$

где $ПЭ_{группа}^{тех}$, $ПЭ_{группа}^{орг}$ — интегральные оценки выполнения группы показателей техно-

логической и организационной эффективности. После определения оценки интегрального критерия выполнения целей эффективно управления энергопотреблением и оценки стратегии использования природного газа на металлургическом предприятии их следует сравнить для определения рациональной траектории движения предприятия к генеральной цели: эффективного использования природного газа.

Если через планируемый (прогнозируемый) период мы получаем, что $\mathcal{O}_{стр} = \mathcal{E}_{инт} = 1$,

то эффективность организации управления энергопотреблением соответствует стратегии использования природного газа. Если оценки эти не равны, то нормативную базу пересматривают для оценки интегрального критерия организации эффективного управления энергопотреблением и объемов финансирования для реализации данной стратегии. Для достижения равенства этих оценок авторы считают,

что необходимо реализовывать, в первую очередь, систему взаимосвязанных принципов организации — пропорционального развития энергопотребления, концентрации и баланса мощностей по всей технологической цепочке, эффективного использования ВЭР и ритмичности производства. Каждому из этих принципов будут соответствовать ключевые показатели организации эффективного энергопотребления, имеющие причинно-следственную связь, и рациональное значение которых будет отражать реализацию конкретного принципа.

На основании рассмотренных исследований по эффективному использованию природного газа на предприятии, авторами сформулирована следующая гипотеза: существует значимая взаимосвязь между уровнем организации эффективного управления энергопотреблением и стратегией использования природного газа на предприятии.

В соответствии с предложенным концептуальным подходом к оценке стратегии использования природного газа на предприятии черной металлургии можно утверждать, что такая оценка взаимосвязана с интегральным критерием организации эффективного управления энергопотреблением и является отправной точкой формирования современной энергетической парадигмы эффективного использования природного газа на предприятиях металлургической промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арутюнян А.А. Основы энергосбережения: моногр. М.: Энергосервис, 2014. 600 с.
2. Булатов И.С. Пинч-технология. Энергосбережение в промышленности. М.: Страта, 2012. 148 с.
3. Инструменты анализа энергоэффективности регионов РФ: разработка и применение / Хуршудян Ш.Г. М: Русайнс, 2020. 178 с.
4. Лисенко В.Г. Хрестоматия Энергосбережения / В.Г. Лисенко, Я.М. Щелоков, М.Г. Ладышев. М.: Теплоэнергетик, 2012. 699 с.
5. Меркер Э.Э. Энергосбережение в промышленности и энергетический анализ технологических процессов / Э.Э. Меркер, Г.А. Карпенко, И.М. Тынников. М.: ООО «ТНТ», 2012. 316 с.

6. Оценка экономической эффективности энергосбережения. Теория и практика. М.: Теплоэнергетик, 2015. 400 с.

7. Сибикин Ю.Д. Технология энергосбережения / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. М.: Форум, 2012. 352 с.

8. Энергосбережение в системах промышленного электроснабжения. М.: Интехэнерго-Издат, Теплоэнергетик, 2014. 304 с.

9. Аналитический обзор — ВЭР черной металлургии [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://metalspace.ru/production-science/ecology/811-ver-chnoj-metallurgii.html> (дата обращения: 05.06.2020).

10. Справочник химика 21 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.chem21.info/page/> (дата обращения: 05.06.2020).

11. Черная металлургия [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://studref.com/553077/tehnika/chnaya_metallurgiya (дата обращения: 10.06.2020).

12. Непомнящий В.А. Экономика газовой промышленности. Академия энергетика. 2011. №6 (44). С. 38–48.

13. Никифоров Г.В. Олейников В.К., Заславец Б.И. Энергосбережение и управление энергопотреблением в металлургическом производстве // Главный энергетик. 2014. №3. С. 34–39.

14. Шанин Б.В. Проблемы эффективного использования природного газа // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2005. С. 51–55.

15. Газета «Энергетика и промышленность России». №10 (366) май 2019 года. Энергосбережение: какие технологии применяют в металлургии [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.eprussia.ru/epr/366/9184503.htm> (дата обращения: 05.06.2020).

16. Koksharov V.A. Methodical tools for assessment of energy strategies of industrial enterprises // Global Science and Innovation [Text]: materials of the VII International Scientific Conference, Chicago, March 23–24, 2016 / publishing office Accent Graphics communications — Chicago –USA, 2016. pp. 35–41.

REFERENCES

1. Harutyunyan A.A. Fundamentals of energy conservation: monograph. M.: Energoservice, 2014. 600 p.

2. *Bulatov I.S.* Pinch technology. Energy Saving in the Industry. M.: Strata, 2012. 148 p.
3. Tools for analysis of energy efficiency of the regions of the Russian Federation: development and application / Kh. Khurshudyan. M: Rusyns, 2020. 178 p.
4. *Lisenko V.G.* Energy Saving Reader / V.G. Lisenko, Ya.M. Schechelokov, M.G. Ladyshev. M.: Teploenergetik, 2012. 699 p.
5. *Merker E.E.* Energy conservation in industry and exergy analysis of technological processes / E.E. Merker, G.A. Karpenko, I.M. Tynnikov. M.: LLC «TNT», 2012. 316 c.
6. Evaluation of the economic efficiency of energy conservation. Theory and practice. M.: Teploenergetik, 2015. 400 p.
7. *Sibikin Yu.D.* Technology of energy conservation / Yu.D. Sibikin, M. Yu. Sibikin. M.: Forum, 2012. 352 p.
8. Energy conservation in industrial power supply systems. M.: Intekhenergo-Izdat, Teploenergetik, 2014. 304 p.
9. Analytical review — VER ferrous metallurgy [Electronic resource]. — Mode of access: <https://metalspace.ru/production-science/ecology/811-ver-chnoj-metallurgii.html> (date accessed: 05.06.2020).
10. Chemist's Handbook 21. [Electronic resource]. — Mode of access: <https://www.chem21.info/page/> (date accessed: 05.06.2020).
11. Iron and steel industry [Electronic resource]. — Mode of access: https://studref.com/553077/tehnika/chnaya_metallurgiya (date accessed: 10.06.2020).
12. *Nepomnyashchy V.A.* Economics of the gas industry. Academy of Energy. 2011. No. 6 (44). pp. 38–48.
13. *Nikiforov G.V., Oleinikov V.K., Zaslavets B.I.* Energy conservation and energy management in metallurgical production // Chief Power Engineer. 2014. No. 3. pp. 34–39.
14. *Shanin B.V.* Problems of efficient use of natural gas // News of higher educational institutions. Construction. 2005. pp. 51–55.
15. The newspaper «Energy and Industry of Russia» No. 10 (366) May 2019. Energy saving: what technologies are used in metallurgy [Electronic resource]. — Mode of access: <https://www.eprussia.ru/epr/366/9184503.htm> (date accessed: 05.06.2020).
16. *Koksharov V.A.* Methodical tools for assessment of energy strategies of industrial enterprises // Global Science and Innovation [Text]: materials of the VII International Scientific Conference, Chicago, March 23–24, 2016 / publishing office Accent Graphics communications — Chicago – USA, 2016. pp. 35–41.