

UO‘K 659.658.52

SHO‘RTAN GAZ KIMYO MAJMUASIDA IKKILAMCHI ISSIQLIK ENERGIYA RESURLARI POTENSIALINI HISOBLASH METODIKASI

Uzoqov G‘ulom Norboyevich¹-texnika fanlari doktori, professor,
ORCID: 0009-0005-7386-8075, E-mail: uzoqov66@mail.ru

Abduraxmanova Nasiba Kuchkarovna²- operatsion samaradorlik xizmati mutaxassisi, mustaqil izlanuvchi, ORCID: 0009-0000-1809-7056, E-mail: nasiba03002@gmail.com

Toshmamatov Bobir Mansurovich¹-katta o‘qituvchi
ORCID: 0000-0001-7051-5307, E-mail: bobur160189@mail.ru

¹Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi sh., O‘zbekiston

²“Sho‘rtan gaz kimyo majmuasi” MChJ, Guzar t., O‘zbekiston

Annotatsiya. *Gazni qayta ishlash korxonasi energiya samaradorligini oshirish, ikkilamchi energiya resurslari potensialini aniqlash va korxonaning energiya balansida ishlatish bo‘yicha texnik yechimlar ishlab chiqish dolzarb masalalar hisoblanadi. Neft va gazni qayta ishlash korxonalarining energiya balansi tahlili shuni ko‘rsatadiki, texnologik jarayonlarda 65% issiqlik energiyasi, 8÷10% elektr energiyasi va 25÷27% gaz sarf qilinadi. Natijada, atrof-muhitni ifloslantiradi va atrof-muhitga muqarrar yo‘qotilishi mumkin bo‘lgan ikkilamchi energiya (tutun gazlari, ikkilamchi bug‘lar, oqova suvlar,...) oqimlari yuzaga keladi. Shu sababli, ikkilamchi energiya resurslarini qayta ishlatish, ya‘ni utilizatsiya qilish energiya samaradorlikni oshirishni asosiy usullaridan biri hisoblanadi. Tadqiqot ishining maqsadi gazni qayta ishlash korxonasi ikkilamchi energiya resurslarining miqdori, energetik quvvatini aniqlash, korxonaning umumiy energiya balansida ishlatish imkoniyatlarini baholash hamda qo‘shimcha yoqilg‘i-energiya resurslarini tejash hamda zaxiralarini asoslashdan iborat.*

Maqolada sanoat korxonalari va obyektlarining energiya balansi va termodinamik tahlil usullari hamda issiqlik texnikasining asosiy qonunlari asosida ikkilamchi energiya resurslarining issiqlik quvvati va energiya potentsiali aniqlangan. “Sho‘rtan gaz kimyo majmuasi” (“Sho‘rtan GKM”) MChJ korxonasi misolida ikkilamchi energiya resurslarining potentsiali termodinamik tahlil qilingan. Ikkilamchi energiya resurslar(IER)ini utilizatsiya qilish natijasida korxonada katta miqdorda yoqilg‘i-energiya resurslarini tejash imkoniyatlari baholangan. Issiqlik ikkilamchi energiya resurslarini issiqlik quvvatlari hisoblash metodikasi, hisoblash natijalari va IERni tarkibiy diagrammalari keltirilgan.

“Sho‘rtan GKM” MChJ korxonasi IER energiya potentsiali tahlili shuni ko‘rsatadiki, tutun gazlari bilan atrof-muhitga chiqariladigan issiqlik yuqori 9,0÷10,0 MVt ni tashkil etadi. Dastlabki nazariy tadqiqotlar oqova suvlarning past potentsialli issiqligini utilizatsiya qilish natijasida 2,0÷2,7 MVt qo‘shimcha issiqlik energiyasi olish imkoniyati mavjudligi ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: *gaz kimyo majmuasi, ikkilamchi energiya resurslari, energiya tejamkorlik, oqova suvlar, yoqilg‘i-energiya resurslari, issiqlik quvvati, tutun gazlari, iqtisodiy samaradorlik.*

УДК 659.658.52

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОТЕНЦИАЛА ВТОРИЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ШУРТАНСКОГО ГАЗОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Узаков Гулом Норбоевич¹-доктор технических наук, профессор

Абдурахманова Насиба Кучкаровна²- специалист службы операционной эффективности, самостоятельный соискатель

Ташмаматов Бобир Мансурович¹-старший преподаватель

¹Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

²ООО «Шуртанский газохимический комплекс», Гузарский р-н., Узбекистан

Аннотация. Разработка технических решений по повышению энергоэффективности на газоперерабатывающих предприятиях, определение потенциала вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) и использование их в энергетическом балансе предприятия являются актуальными вопросами. Анализ энергетического баланса предприятий нефтегазопереработки показывает, что в технологических процессах потребляется 65% тепловой энергии, 8÷10% электрической энергии и 25÷27% газа. В результате возникают потоки вторичной энергии (дымовые газы, вторичные пары, сточные воды и т. д.), которые неизбежно могут быть потеряны в окружающей среде и загрязнить ее. Поэтому использование вторичных энергетических ресурсов, то есть утилизация, является одним из основных методов повышения энергоэффективности. Цель научно-исследовательской работы – определить энергетический потенциал вторичных энергоресурсов, оценить возможности использования ВЭР в общем энергетическом балансе предприятия, обосновать экономию и запасы дополнительного топлива, и энергетические ресурсы.

В статье на основе методов энергетического баланса и термодинамического анализа промышленных предприятий и объектов, а также основных законов теплотехники определены тепловая мощность и энергетический потенциал вторичных энергоресурсов

Проведен термодинамический анализ потенциала вторичных энергоресурсов на примере ООО «Шуртанский газохимический комплекс». В результате утилизации вторичных энергоресурсов оценена возможность экономии топливно-энергетических ресурсов на предприятии. Представлены методика расчета тепловой мощности тепловых вторичных энергоресурсов, результаты расчетов и структурные диаграммы ВЭР.

Анализ энергетического потенциала предприятия ООО «Шуртан ГХК» показывает, что потери тепловой энергии с дымовыми газами в окружающую среду большие и составляют 7,0÷8,2 МВт. Результат предварительных теоретических исследований показывает, что существует возможность получения дополнительной тепловой энергии в размере 2,0÷2,7 МВт в результате утилизации низкопотенциального тепла сточных вод.

Ключевые слова: газохимический комплекс, вторичные энергетические ресурсы, энергосбережение, сточные воды, топливно-энергетические ресурсы, тепловая энергия, дымовые газы, экономическая эффективность.

UDC 659.658.52

METHODOLOGY FOR CALCULATING THE POTENTIAL OF SECONDARY HEAT ENERGY RESOURCES IN THE SHURTAN GAS-CHEMICAL COMPLEX

Uzakov, Gulom Norboevich¹-Doctor of Technical Sciences, professor
Abdurakhmanova, Nasiba Kuchkarovna²- operational efficiency service specialist, independent researcher (PhD)
Tashmamatov, Bobir Mansurovich¹-senior lecturer

¹Karshi engineering-economics institute, Karshi city, Uzbekistan

²“Shurtan GChC LLC, Guzar d., Uzbekistan

Abstract. Development of technical solutions for increasing energy efficiency in gas processing enterprises, determining the potential of secondary energy resources and using them in the energy balance of the enterprise are urgent issues. The energy balance analysis of oil and gas processing enterprises shows that 65% of thermal energy, 8÷10% of electric energy and 25÷27% of gas are consumed in technological processes. As a result, flows of secondary energy (flue gases, secondary vapors, waste water,...) occur, which can inevitably be lost to the environment and pollute the environment. Therefore, reuse of secondary energy resources, i.e. disposal, is one of the main methods of increasing energy efficiency. The purpose of the research work is to determine the amount

of secondary energy resources, energy capacity in the gas processing enterprise, to evaluate the possibilities of use in the total energy balance of the enterprise, and to justify the saving and reserves of additional fuel and energy resources.

In the article, the heat capacity and energy potential of secondary energy resources were determined based on the methods of energy balance and thermodynamic analysis of industrial enterprises and objects, as well as the basic laws of heat engineering.

In the article, a thermodynamic analysis of the potential of secondary energy resources is made on the example of “Shurtan GChC” LLC. As a result of the disposal of secondary energy resources, the possibility of saving a large amount of fuel and energy resources in the enterprise was evaluated. Methodology for calculating the heat capacity of heat secondary energy resources, calculation results and structural diagrams of SER are presented.

The analysis of the SER energy potential of “Shurtan GChC” LLC shows that the heat released to the environment by flue gases is high and amounts to 9.0÷10.0 MW. The result of preliminary theoretical studies shows that there is a possibility of obtaining additional thermal energy of 2.0÷2.7 MW as a result of disposal of low-potential heat of wastewater.

Keywords: *gas-chemical complex, secondary energy resources, energy saving, wastewater, fuel-energy resources, thermal power, flue gases, economic efficiency.*

Kirish

Respublikamizda iqtisodiyot tarmoqlari, jumladan neft va gaz sanoati korxonalarida ham sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejovchi texnologiyalar va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini keng joriy etish davlat siyosatining hozirgi bosqichdagi dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi [1, 2]. “Sho‘rtan GKM” MChJ korxonasida yoqilg‘i-energiya resurslarini tejash va energiya samaradorlikni oshirish muhim vazifalardan biri bo‘lib, texnologik jarayonlarni amalga oshirishda katta miqdorda issiqlik (yuqori haroratli bug‘) va elektr energiyasi talab qilinadi.

Korxonada yoqilg‘i-energiya resurslarini tejash usullaridan biri mavjud ikkilamchi energiya manbalari (tutun gazlari, ikkilamchi texnologik bug‘lar, oqova suvlar, tashlandiq ventilyatsiya issiqligi, ...) va quyosh energiyasidan foydalanish yuqori samara beradi. Sanoat korxonalarida ikkilamchi energiya resurslari (IER) dan samarali foydalanish tizimini joriy etish energiya samaradorlikni oshirishning asosiy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. IERni utilizatsiya qilish samaradorligini aniqlashda ularning yalpi, texnik va iqtisodiy potensialini hisoblash zarur. Sanoat korxonalarida IER ni utilizatsiya qilish masalalari bo‘yicha soha olimlari tomonidan tadqiqotlar olib borilmoqda. Ammo, neft va gazni qayta ishlash korxonalarida IERning mavjud energiya potensialini baholash va undan samarali foydalanish muammolari yetarlicha tadqiq qilinmagan.

Ushbu tadqiqot ishining maqsadi “Sho‘rtan GKM” MChJ korxonasida texnologik jarayonlarda yuzaga keladigan ikkilamchi energiya resurslarining miqdori, energetik quvvatini aniqlash, korxonaning umumiy energiya balansida ishlatish imkoniyatlarini baholash, an’anaviy yoqilg‘i-energiya resurslarini tejash zaxiralarini asoslashdan iborat.

Uslub va materiallar

Korxonaning IERning potensialini aniqlashda termodinamik tahlil, energiya balansisi uslublari va issiqlik texnikasining asosiy qonunlaridan foydalanildi.

“Sho‘rtan GKM” MChJ korxonasi yiliga 125 000 tonna polietilen, 1000 tonna oltingugurt, 100 000 tonna suyultirilgan gaz, 90 000 tonna gaz kondensati va 3,5 mlrd. kubometr tozalangan gaz ishlab chiqaradi. Texnologik jarayonlarni amalga oshirish uchun yiliga 99 826 770 kVt soat elektr energiyasi va 1 914 557,34 Gkal issiqlik energiyasi sarf qilinadi. Natijada, tutun gazlari, tashlandiq bug‘lar, issiq havo, oqova suvlar bilan ikkilamchi energiya resurslari (IER) atrof-muhitga issiqlik yo‘qotiladi va ekologiyaga ham zarar keltirishi mumkin. Shu sababli, dunyo amaliyotida neft va gazni

qayta ishlash korxonalarida IER larni utilizatsiya qilish bo'yicha yangi texnologiyalar yaratish va joriy etish bo'yicha soha olimlari tomonidan ilmiy izlanishlar olib borilmoqda [1-11].

IER-bu texnologik jarayon va qurilmalarda yuzaga keladigan va undan ishlatilmasdan chiqariladigan tashlandiq resurslar, energiya iste'mol qiladigan qurilma va agregatlarda yo'qotiladigan energiya, energiya resurslarini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash qurilmalarida yuzaga keladigan muqarrar yo'qotilishi mumkin bo'lgan energiya resurslari hisoblanadi. IERdan boshqa qurilmalar va energiya ta'minoti tizimlarida qisman yoki to'liq qayta ishlatish, ya'ni utilizatsiya qilish imkoniyati mavjud.

Olib borilgan tadqiqotlar, ilmiy ishlar tahlili va gaz-kimyano sanoati korxonalarida ishlatish tajribada shuni ko'rsatadiki, korxonada yuzaga keladigan IER asosan 3 ta guruhga bo'lish mumkin [1-11]:

1. Issiqlik IER.
2. Yonuvchi chiqindi mahsulotlar.
3. Uzatiladigan gazning ortiqcha bosim energiyasi.

Issiqlik IER – yoqilg'ining (gaz) yonishida hosil bo'ladigan va atrof-muhitga chiqariladigan tutun gazlarining issiqligi, texnologik jarayonlar va qurilmalarda sovitishdan keyingi tashlandiq suv va havo issiqligi, tashlandiq ventilyatsiya havosining issiqligi, texnologik ikkilamchi suv bug'lari, deaerator tashlandiq bug'lari, oqova suvlar issiqligi va h.k.z. kabilar past potentsiilli IER hisoblanadi.

Sanoat korxonalarida ikkilamchi issiqlik energiyasidan qayta foydalanish, ya'ni issiqlikni utilizatsiya qilish energiya tejamkorlikning asosiy usullaridan biri hisoblanadi. Ushbu masalani ilmiy asosda yechish uchun korxonaning, sexning, texnologik qurilma va jarayonlarning issiqlik balansini modellashtirish va hisoblash kerak bo'ladi.

Gaz quvurlarida uzatiladigan gazning ortiqcha bosim energiyasi termodinamik nuqtai nazardan, bu biror texnologik qurilmada ishlatish yoki atmosferaga chiqarib yuborishdan oldin gazni bosimini tushirishdan hosil bo'ladigan bosim ΔP dan yuzaga keladigan gazning potensial energiyasi hisoblanadi.

Yonuvchi IER (yoqilg'i)-uglerodli xomashyoni kimyoviy va termokimyoviy qayta ishlashda yuzaga keladigan, yonadigan chiqindi mahsulotdir.

Natija va muhokamalar

“Sho'rtan GKM” MChJ korxonasi misolida IERning asosiy manbalari (1-rasm), issiqlik-texnik va texnologik parametrlari, miqdorlari va issiqlik quvvatlarini aniqlash metodikasi bayon qilingan. Olib borilgan tadqiqotlar asosida “Sho'rtan GKM” MChJ korxonasining IERning asosiy manbalari va issiqlik-texnik parametrlari aniqlandi hamda 1-jadvalda keltirildi. Ushbu manbalardan chiqariladigan IER-issiqlik chiqindilari bo'lib, ularning energetik potentsiali chiqindi gaz va suyuqliklarning entalpiyasi yoki issiqlik quvvati bilan baholanadi.

Ikkilamchi issiqlik energiyasining quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$Q = G \cdot c_p \cdot \Delta t, \text{ kVt}, \quad (1)$$

bunda, G-korxonadan chiqariladigan chiqindi gazlar va suyuqliklarning sarfi, $\frac{m^3}{sek}$; c_p - ikkilamchi gazlar va suyuqliklarning issiqlik sig'imi, $\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$; $\Delta t = t_2 - t_1$ - ikkilamchi gazlar, suyuqliklarning va atrof-muhitning haroratlari farqi.

IER ning issiqlik quvvatini entalpiya orqali ifodalasak:

$$Q = G_m \cdot \Delta H = G \cdot (H_2 - H_1), \text{ kVt}, \quad (2)$$

bunda, G_m -issiqlik tashuvchining massaviy sarfi, $\frac{kg}{sek}$; ΔH -entalpiyalar farqi, $\frac{kJ}{kg}$.

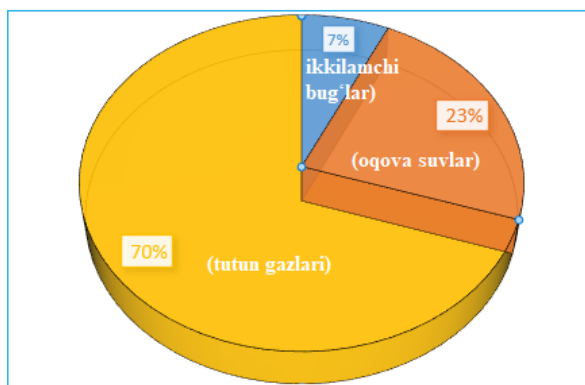
Issiqlik IERning yillik miqdori quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$Q^{yil} = \frac{G_{yil} \cdot c_p \cdot \Delta t}{4,187 \cdot 10^9} = \frac{G_{yil} \cdot \Delta H}{4,187 \cdot 10^9} \frac{\text{ming Gkal}}{\text{yil}} \quad (3)$$

1-jadval

“Sho‘rtan GKM” MChJ korxonasiining ikkilamchi energiya manbalari issiqlik-texnik parametrlari

T/r	IER turlari va manbalari	Issiqlik-texnik parametrlar		
		Harorat, °C	Bosimi	Miqdori
1	Dudbo‘ron (tutun quvuri) dan chiqayotgan gaz tutun gazlari (Markaziy qozonxona qozoni-2 dona) 1 tasidan chiqayotgan mahsulot	155÷175	2,0÷2,5 kPa	175000-200000 m ³ /soat (Qozon yuklamasiga qarab o‘zgaradi)
2	Texnologik ikkilamchi suv bug‘lari Markaziy Qozonxona FA-6102 (vaqti vaqti bilan to‘kish)-1 dona; Atmosferaga chiqayotgan ikkilamchi suv bug‘i	150	0,2÷0,5 kgs/sm ²	Atmosferaga chiqayotgan bug‘ miqdori, vaqti vaqti bilan (faqat produvka vaqtida smenada 1-marta ochiladi, hisoblanmaydi)
3	Oqova suvlar (Oqova suvlarning tozalash sexidan chiqishi)	30÷35	0,25 atm	Chiqindi suvining umumiy miqdori 90÷115m ³ /soat
4	Ventilyatsiya chiqindi havo issiqligi (Gradirnya qurilmasi ventilyatori). Atmosferaga bug‘lanib chiqayotgan chiqindi suv bug‘i	36÷38	0,25÷0,45 kgs/sm ²	Atmosferaga chiqayotgan chiqindi bug‘ miqdori tashqi muhit haroratiga qarab 100-300 m ³ /soat



1-rasm. “Sho‘rtan GKM” MChJ korxonasiining IER tarkibi diagrammasi.

1-jadval va 1-rasm tahlili shuni ko‘rsatadiki, “Sho‘rtan GKM” MChJ korxonasida IERning potentsiali yuqori bo‘lib, tutun gazlari bilan atmosferaga juda katta miqdorda ikkilamchi issiqlik chiqib ketadi.

Tutun gazlarining texnik potentsiali $Q_{t.g.}$ quyidagiga teng:

$$Q_{t.g.} = G_{t.g.} \cdot c_{p.t.g.} \cdot \rho_{t.g.} \cdot \Delta t = \frac{200\,000}{3600} \cdot 1,03 \cdot 1,2 \cdot 145 = 9\,956,6\,kVt = 9 \div 10\,MVt$$

Oqova suvlarining issiqlik quvvati:

$$Q_{o.s.} = \frac{115}{3600} \cdot 4,18 \cdot 1000 \cdot 20 = 2\,670\,kVt = 2,67\,MVt$$

2-jadval

“Sho‘rtan GKM” MChJ korxonasi oqova suvlarining asosiy texnik xarakteristikalari

T/r	Oqova suv (IER) xarakteristikasi	O‘lchov birligi	Miqdori
1	Yillik sarfi	m ³ /yil	1007400÷823440
2	Soatbay sarfi	m ³ /soat	94÷115
3	Bosimi, P	MPa	0,25÷0,050
4	Harorati, t	°C	22,4÷35,0
5	Issiqlik quvvati, Q	kVt	2670

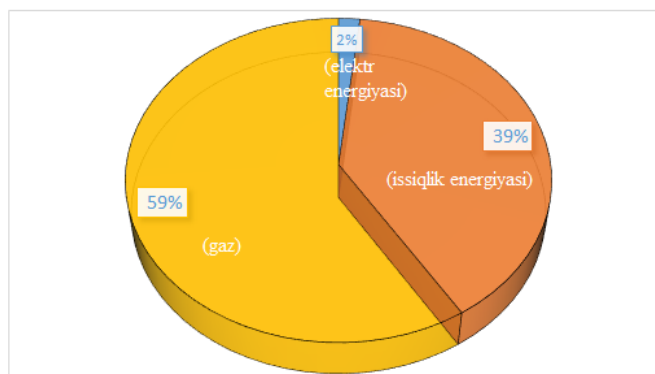
IER ni texnik potentsiali bo‘yicha bajarilgan termodinamik hisoblar shuni ko‘rsatadiki, oqova suvlarining issiqlik quvvati (energetik potentsiali) 2,0÷2,67 MVt ni tashkil qiladi (2-jadval). Suvning issiqlik sig‘imi kattaligi, oqova suvlaridan ikkilamchi foydalanish imkoniyati yuqoriligini ko‘rish mumkin. Tutun gazlarining texnik potentsiali katta bo‘lsada undan foydalanish qiyinchilik tug‘diradi.

3-jadval

“Sho‘rtan GKM” MChJ korxonasida yillik yoqilg‘i-energiya resurslari (YoER) sarfi

T/r	YoER	O‘lchov birligi	Miqdori	Tonna shartli yoqilg‘i hisobida
1	Elektr energiya	kVt soat/yil	99 826 770	12 277
2	Issiqlik energiyasi	Gkal/yil	1 914 557,34	273 508
3	Yoqilg‘i (gaz)	m ³ /yil	333 431 560	410 120

3-jadval tahlili shuni ko‘rsatadiki korxonaning energiya balansida gazning ulushi eng katta bo‘lib 59%, issiqlik energiyasi (bug‘) 39 %, elektr energiya esa 2 % ni tashkil qiladi (2-rasm).



2-rasm. Yoqilg‘i-energiya balansini tarkibi diagrammasi.

Xulosa

Natijada, taklif etilayotgan quyosh va issiqlik nasosli qurilmalar asosida ikkilamchi issiqlikni utilizatsiya qilish orqali avtonom issiqlik ta‘minoti tizimlari uchun (maishiy, texnik va texnologik) sarflanayotgan energiya miqdori 30 foizgacha tejalishiga erishiladi. Taklif etilayotgan tizimning xarajatlarni qoplash muddati 1,8÷2,0 yilni tashkil etadi. Dastlabki nazariy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, oqova suvlarning past potentsialli issiqligini utilizatsiya qilish natijasida texnik va maishiy ehtiyoj uchun 2,0÷2,7 MVt qo‘shimcha issiqlik energiyasi olish imkoniyati yaratiladi.

“Sho‘rtan GKM” MChJ korxonasining IER energiya potentsiali tahlili shuni ko‘rsatadiki, tutun gazlari bilan atrof-muhitga chiqariladigan issiqlik yuqori bo‘lib, 9,0÷10,0 MVt ni tashkil etadi.

Adabiyotlar

- [1] O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 16-fevraldagi “2023-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejoyvchi qurilmalarini joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-57 sonli qarori.
- [2] O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida” gi PF-60-sonli farmoni.
- [3] Вдовина А.А. Проблемы и перспективы инновационного развития мировой газовой промышленности //Научный журнал Российского газового сообщества, 2014. – №1. – с.71-79.
- [4] Еременко О.В. Приоритеты инновационного развития и особенности оценки эффективности проектов в газоперерабатывающих и газохимических производствах, Москва – Берлин, 2017, 171 с.
- [5] Долотовский И.В. Системный анализ и повышение эффективности энергетического комплекса газоперерабатывающих предприятий //Автореф. на соискание к.т.н., 2008,20с.
- [6] Богданов И.А. Повышение энергоэффективности автономных электротехнических комплексов нефтегазовых предприятий с использованием вторичных энергоресурсов //Автореферат на соискание к.т.н., Санкт-Петербург, 2021. -20 с.
- [7] Байков И.Р., Молчанов Р.А., Гатауллина А.Р., Кулагина О.В. Предложения по представлению информации о вторичных энергетических ресурсах (ВЭР) в энергетическом паспорте // Теория Нефтегаз. №9. 2013. -с.76-82.
- [8] Еременко О.В. Инновационные решения в области повышения энергоэффективности газопереработки // Материалы меж. конференции «Энергетика и энергосбережение: теория и практика», 2017 г. с. 123-124.
- [9] Allayev K.R. Zamonaviy energetika va uning rivojlanish istiqbollari. –Т.: “Fan texnologiyalar nashriyot –matbaa uyi”, 2021. 952 b.
- [10] Таймаров М.А., Ильин В.К., Осипов А.Л., Долгова А.Н., Ахмеров А.В. Теплонасосный комплекс для утилизации вторичных энергоресурсов нефтехимических заводов // Проблемы энергетики, 2016, том 21, №3-4. С. 8-16.
- [11] Василев Г.П., Абуев И.М., Горнов В.Ф. Теплонасосная установка, утилизирующая теплоту неочищенных сточных вод // Новости теплоснабжения, №07(155), 2013 г.
- [12] Куликов В.М. и др. Методика энергетических обследований предприятий по выявлению и использованию вторичных энергоресурсов Свердловск, 2001 г.