

ISSN 2518-1491 (Online),
ISSN 2224-5286 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Д.В. Сокольский атындағы «Жанармай,
катализ және электрохимия институты» АҚ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
АО «Институт топлива, катализа и
электрохимии им. Д.В. Сокольского»

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel, catalysis
and electrochemistry»

SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

5 (443)

SEPTEMBER – OCTOBER 2020

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series of chemistry and technologies scientific journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of chemistry and technologies in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of chemical sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы "ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы" ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді химиялық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия химии и технологий» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по химическим наукам для нашего сообщества.

Б а с р е д а к т о р ы
х.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі
М.Ж. Жұрынов

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Ағабеков В.Е. проф., академик (Белорус)
Башов А.Б. проф., академик (Қазақстан)
Бүркітбаев М.М. проф., академик (Қазақстан)
Волков С.В. проф., академик (Украина)
Воротынцев М.А. проф., академик (Ресей)
Газалиев А.М. проф., академик (Қазақстан)
Джусипбеков У.Ж. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Жармағамбетова А.К. проф. (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Жоробекова Ш.Ж. проф., академик (Қырғыстан)
Иткулова Ш.С. проф. (Қазақстан)
Манташян А.А. проф., академик (Армения)
Пралиев К.Д. проф., академик (Қазақстан)
Рахимов К.Д. проф., академик (Қазақстан)
Рудик В. проф., академик (Молдова)
Стрельцов Е. проф. (Белорус)
Тельтаев Б.Б. проф., академик (Қазақстан)
Тодераш И. проф., академик (Молдова)
Тулеуов Б.И. проф., академик (Қазақстан)
Фазылов С.Д. проф., академик (Қазақстан)
Фарзалиев В. проф., академик (Әзірбайжан)
Халиков Д.Х. проф., академик (Тәжікстан)
Шайхутдинов Е.М. проф., академик (Қазақстан)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.).

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № KZ66VPY00025419 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *химия және жаңа материалдар технологиясы саласындағы басым ғылыми зерттеулерді жариялау.*

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28; 219, 220 бөл.; тел.: 272-13-19; 272-13-18,
<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2020

Редакцияның мекенжайы: 050100, Алматы қ., Қонаев к-сі, 142, «Д. В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институты» АҚ, каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail:orgcat@nursat.kz

Типографияның мекенжайы: «NurNaz GRACE», Алматы қ., Рысқұлов көш., 103.

Главный редактор
д.х.н., проф., академик НАН РК
М.Ж. Журинов

Редакционная коллегия:

Агабеков В.Е. проф., академик (Беларусь)
Баешов А.Б. проф., академик (Казахстан)
Буркитбаев М.М. проф., академик (Казахстан)
Волков С.В. проф., академик (Украина)
Воротынцев М.А. проф., академик (Россия)
Газалиев А.М. проф., академик (Казахстан)
Джусипбеков У.Ж. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Жармагамбетова А.К. проф. (Казахстан), зам. гл. ред.
Жоробекова Ш.Ж. проф., академик (Кыргызстан)
Иткулова Ш.С. проф. (Казахстан)
Мангашян А.А. проф., академик (Армения)
Пралиев К.Д. проф., академик (Казахстан)
Рахимов К.Д. проф., академик (Казахстан)
Рудик В. проф., академик (Молдова)
Стрельцов Е. проф. (Беларусь)
Тельтаев Б.Б. проф., академик (Казахстан)
Тодераш И. проф., академик (Молдова)
Тулеев Б.И. проф., академик (Казахстан)
Фазылов С.Д. проф., академик (Казахстан)
Фарзалиев В. проф., академик (Азербайджан)
Халиков Д.Х. проф., академик (Таджикистан)
Шайхутдинов Е.М. проф., академик (Казахстан)

«Известия НАН РК. Серия химии и технологий».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ66VPY00025419, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *публикация приоритетных научных исследований в области химии и технологий новых материалов.*

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28; ком. 219, 220; тел. 272-13-19; 272-13-18,

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2020

Адрес редакции: 050100, г. Алматы, ул. Кунаева, 142, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

Адрес типографии: «NurNaz GRACE», г. Алматы, ул. Рыскулова, 103.

Editor in chief

doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK

M.Zh. Zhurinov

Editorial board:

Agabekov V.Ye. prof., academician (Belarus)
Bayeshov A.B. prof., academician (Kazakhstan)
Burkitbayev M.M. prof., academician (Kazakhstan)
Volkov S.V. prof., academician (Ukraine)
Vorotyntsev M.A. prof., academician (Russia)
Gazaliyev A.M. prof., academician (Kazakhstan)
Dzhusipbekov U.Zh. prof., corr. member (Kazakhstan)
Zharmagambetova A.K. prof. (Kazakhstan), deputy editor in chief
Zhorobekova Sh.Zh. prof., academician (Kyrgyzstan)
Itkulova Sh.S. prof. (Kazakhstan)
Mantashyan A.A. prof., academician (Armenia)
Praliyev K.D. prof., academician (Kazakhstan)
Rakhimov K.D. prof., academician (Kazakhstan)
Rudik V. prof., academician (Moldova)
Streltsov Ye. prof. (Belarus)
Teltaev B.B. prof., akademik (Kazakhstan)
Toderash I. prof., academician (Moldova)
Tuleuov B.I. prof., akademik (Kazakhstan)
Fazylov S.D. prof., akademik (Kazakhstan)
Farzaliyev V. prof., academician (Azerbaijan)
Khalikov D.Kh. prof., academician (Tadjikistan)
Shaihutdinov E.M. prof., akademik (Kazakhstan)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology.

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan **No. KZ66VPY00025419**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *publication of priority research in the field of chemistry and technology of new materials*

Periodicity: 6 times a year.

Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19; 272-13-18,

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2020

Editorial address: JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel, catalysis and electrochemistry», 142, Kunayev str., of. 310, Almaty, 050100, tel. 291-62-80, fax 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

Address of printing house: «NurNaz GRACE», 103, Ryskulov str, Almaty.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

<https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.81>

Volume 5, Number 443 (2020), 64 – 70

UDC 66.074.1+ 66.078.9+665.194

M. K. Jexenov¹, F. R. Ismagilov², S. M. Akhmetov³, M. Diarov⁴, Y. K. Bektay⁵

¹LLP "Emba petroleum Project", Atyrau, Republic of Kazakhstan;

²Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia;

³Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebaev, Atyrau, Republic of Kazakhstan;

⁴Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebaev, Atyrau, Republic of Kazakhstan;

⁵Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan.

E-mail: ddm85@mail.ru, frismagilov@bk.ru, axmetov_aing@mail.ru,
muftah.diarov@mail.ru, bektay_y@list.ru

UTILIZATION OF HYDROGEN SULFIDE-CONTAINING REFINERY FLARE GASES

Abstract. Modern oil refinery flare does not provide the beneficial use of discharged hydrocarbon gases and vapors, which does not allow to reduce the volume of hydrocarbon gas burned in flare candles and reduce atmospheric pollution. To ensure a stable and trouble-free operation of the flare plant and to increase the efficiency of waste gas utilization, their preliminary compression using mechanical or jet compressors and the construction of gas treatment plants are required. A low-cost method of utilizing hydrogen sulfide-containing refinery gas is proposed, including two-stage gas compression by a liquid-ring compressor using an alkanolamine aqueous solution as a working fluid in the first stage of compression, separation of the compressor of first stage compression to produce desulfurized gas, hydrocarbon condensate and an alkanolamine saturated hydrogen sulfide. In the second stage, the compression of the desulfurized gas is carried out by a liquid-ring compressor using a hydrocarbon absorbent as the working fluid, cooling and separation of the compress of the second stage of compression produce lean gas, water condensate and absorbate. The aqueous condensate is mixed with saturated hydrogen sulfide alkanolamine absorbent and taken out for regeneration, the hydrocarbon condensate is mixed with the absorbate to produce BFLH, and the lean gas is subjected to membrane separation to produce hydrogen and fuel gas. Application of the method can partially cover the needs of refineries in hydrogen by reducing its losses, as well as return gas and hydrocarbon fractions for processing or to the fuel network of the plant.

Key words: flare plant, oil refining, waste gases, hydrogen sulfide, gas purification, gas compression, liquid-ring compressor, hydrogen utilization, fuel gas.

The relevance of the topic. Flare systems are designed to ensure the safety of permanent, periodic, and emergency discharges of flammable gases and vapors with their subsequent combustion. The most widely used method for gas utilization in flare plants is gas separation, which involves the separation of flare gases to produce hydrocarbon gas, which is utilized for combustion, and condensate that is pumped out of the plant. The modern flare facility of the oil refinery includes special installations for collection, short-term storage, and return of released hydrocarbon gases and vapors for further use. This method reduces the volume of irreversible losses of hydrocarbon gas (burned in flare candles), thereby reducing atmospheric pollution, and ensures stable and trouble-free operation of the flare plant [1-4]. Given that the emission of flare gas is one of the main sources of environmental pollution and global warming, it is of great importance to develop the methods for utilization of flare gases in the oil and gas industry, in particular in oil refineries of many countries [5-8]. One of the problems related to the utilization of low-pressure flare gases is the need to compress them to the pressure necessary for processing or transportation to external consumers [9-11].

Discussion of problems. For compression of hydrocarbon gas in flare plants, piston and screw compressors are usually used. To drive them, a large amount of energy resources (electricity or water vapor) is consumed, moreover, one could observe hydrogen sulfide corrosion of internal components, parts of the compressor, and other installation, pollution of the production environment due to leakage of the compressed medium [12-13]. As an alternative to a mechanical system for compressing flare gas, liquid-jet compressors are proposed. Water, petroleum products, and crude oil are used as the working fluid of a jet compressor (JC), and in the case of compression of aggressive gases, neutralizing liquids are used. For example, it is reported that light coking gasoil is used as a working fluid to compress the flare gas to a pressure of 0.5-0.6 MPa, which allows to send it to the fuel network of the plant. C₃+ hydrocarbon fractions are released from the flare gas during compression due to their dissolution in gasoil and diverted to the catalytic cracking unit for utilization along with the balance excess [14].

The disadvantage of using gasoil or other petroleum products as a working fluid is that they practically do not absorb hydrogen sulfide during the gas compression process. The presence of its residual amounts in the compressor, which is used as fuel in process furnaces, leads to contamination of the production environment with toxic sulfur dioxide. To combine the processes of compression and purification of gas from hydrogen sulfide in a jet compressor, it is proposed to use an aqueous solution of amine as the working fluid [13]. However, as the practice has shown, the amine solution is contaminated with heavy hydrocarbon fractions contained in the compressed gas, which complicates the process of regeneration of the solution due to the foaming in the desorption column.

From both economic and operational points of view according to foreign companies, it is more appropriate to use low-pressure refinery gases for compression, including flare gases, and liquid-ring compressors (LRC). They successfully solve the problem of compressing explosive gases, as well as gases with a high content of hydrogen sulfide, hydrocarbon condensate, water, and gases containing mechanical impurities [15-17].

This type of compressor (LRC) supplied mainly by foreign manufacturers finds its application in the Russian oil and gas production and refinery [18-19]. For example, Garo and several other foreign companies supply compressors and installation based on them for the utilization of hydrogen sulfide-containing flare gases that use alkanolamine solutions as the working fluid. Due to the absorption properties of the working fluid in relation to hydrogen sulfide, these installations (see figure 1) reduce its content in the compressed fuel gas, which helps to solve the problem of environmental protection. When compressing the flare gas, heavy hydrocarbons of gasoline fractions are partially released from it because of condensation, which is usually carried with the gas to the flare. However, the use of an amine solution as a working fluid does not limit the loss of hydrogen contained in refinery flare gases in an amount of up to 60% vol., the loss of valuable hydrocarbon fractions C₊₄ of refinery flare gases reach up to 40% by mass. of the potential.

The analysis of scientific works of Kazakh scientists shows that many people were engaged in sulfur issues.

The paper shows the possibility of using sulfur as a vulcanizing agent of rubber mixtures. Thus, the authors of the work proposed one of the ways to utilize industrial sulfur in favor of production [20].

Materials and methods of research. We have proposed a method for compressing flare gas with a liquid-ring compressor, which reduces the loss of hydrocarbon fractions and hydrogen and increases the degree of purification from hydrogen sulfide (figure 1).

A special feature of the technical offer is that the process of compression of hydrogen sulfide-containing flare gas by a liquid-ring compressor is carried out in two stages: at the first stage, an amine solution is used as the working fluid, and at the second stage, the desulfurized gas is compressed with another working fluid - a hydrocarbon absorbent. The compressor of the second stage of compression is cooled and separated to obtain the lean gas, and the absorbent, which is mixed with hydrocarbon condensate and removed from the installation. The water condensate is mixed with an alkanolamine absorbent saturated with hydrogen sulfide, and removed from the installation, and the lean gas is subjected to membrane separation to produce hydrogen and fuel gas [21].

In the proposed method, compression of desulfurized gas at the second stage using a hydrocarbon absorbent as the working fluid allows the absorption of valuable hydrocarbon fractions contained in the desulfurized gas and reduction of their losses with the fuel gas. The membrane separation of the lean gas to produce hydrogen and fuel gas reduces the loss of hydrogen with the fuel gas and returns it to the production cycle and allows to obtain a fuel gas with a high volumetric calorific value.

The presence and quantity of hydrocarbon and water condensates released during compressor separation depend on the composition, temperature, and pressure of the refinery flare gases, on the flow rate and temperature of the alkanolamine and hydrocarbon absorbents, as well as on the compression pressure at each stage and the cooling temperature of the second stage compressor. Technological parameters of the process are set based on the requirements for the composition and characteristics of fuel gas and hydrogen (hydrogen-containing gas), as well as the acceptable level of losses of hydrocarbon fractions with fuel gas.

Gasoline, kerosene, diesel fuel, and any other hydrocarbon mixtures with low viscosity can be used as a hydrocarbon absorbent.

Research results. Based on the results of the pilot run and calculation studies, the technological regulations were developed for the design of the refinery's flare gas utilization unit with a capacity of 3000 nm³/h (2.4 t/h), including a compression unit based on the NAM-2500 liquid-ring compressor of the NASH company.

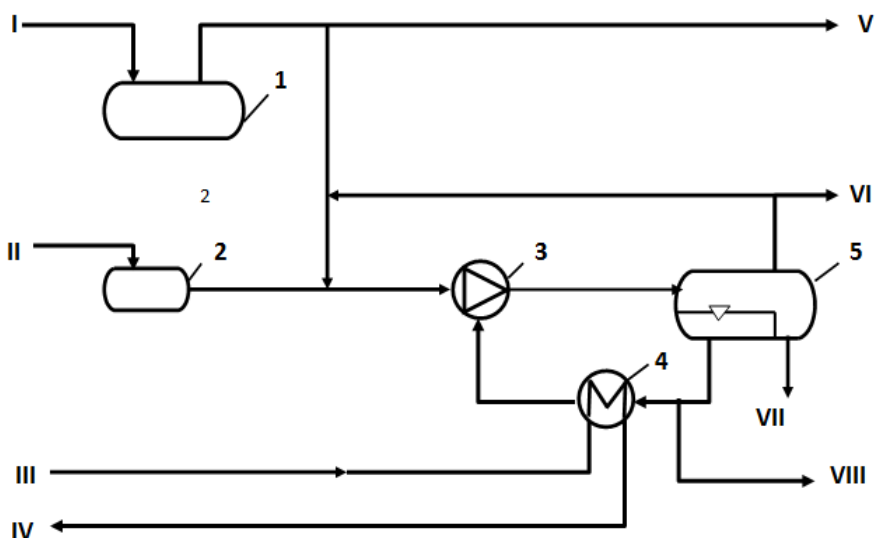


Figure 1 - The scheme of compression and purification of refinery flare gases [20]:

Flows: I – flare collector; II – fresh amine solution; III – cold coolant;
 IV – hot coolant; VI – purified gas; VII – gas condensate; VIII - saturated amine solution for regeneration.
 Devices: 1 – flare separator; 2 – gasoil tank; 3 – liquid-ring compressor;
 4 – heat exchanger; 5 – three-phase separator.

According to the regulations, the oil refinery's flare gas, which contains 0.76% vol. of hydrogen sulfide and 45.9% vol. of hydrogen (see table 1) in the amount of 3000 nm³/h (2.4 t/h) at a temperature of 35 °C and a pressure of 0.15 MPa, is directed to the inlet of the NAM-2500 liquid-ring compressor of the NASH company. The compressor is supplied with a 15% aqueous solution of monoethanolamine in the amount of 8 m³/h as the working fluid. A compressor with a compression pressure of 0.4 MPa is sent to a separator to produce 3052 nm³/h of desulfurized wet gas containing 0.01% hydrogen sulfide and 7.99 t/h of an aqueous solution of monoethanolamine saturated with hydrogen sulfide. Hydrocarbon condensate is not released under experimental conditions, and there is no change in the hydrocarbon composition of the gas after the first stage of compression as can be seen from table 1.

Table 1 - Results of compression of flare gas with a liquid-ring compressor

No.	Components	The content of components, % vol.			
		Flare gas	Gas after the 1st compression stage	Gas after the 2nd compression stage	Fuel gas
1	Methane	25,34	24,9	27,18	44,0
2	Ethane	6	5,9	5,89	7,19
3	Propane	6,63	6,52	5,22	12,2
4	Isobutane	2,43%	2,39	1,37	3,18
5	N-butane	3,84%	3,77	1,83	4,23
6	Isopentane	1,89	1,86	0,5	1,13
7	N-pentane	0,77	0,76	0,17	0,37
8	Propylene	2,18	2,14	1,79	4,19
9	Butylenes	0,13	0,13	0,07	0,16
10	Pentenes	0,34	0,33	0,09	0,19
11	Hydrogen sulphide	0,76	0,01	0,01	0,02
12	Nitrogen	3,77	3,71	4,11	9,66
13	Hydrogen	45,9	45,1	50,77	12,4
14	Carbon dioxide	0,02%	-	-	-
15	Water	-	2,48	1,0	1,08

Further, the desulfurized gas is sent for compression to the inlet of a liquid-ring compressor, where 8 t/h of raffinate from the aromatic hydrocarbon extraction unit is used as working fluid and compressed to 0.8 MPa. After that, the compressor is cooled to 40 °C and separated to produce 2730 nm³/h of lean gas and 8.6 t/h of absorbate, which is sent to pyrolysis, and 37.9 kg/h of water condensate, containing dissolved monoethanolamine vapor, which is mixed with an aqueous solution of monoethanolamine saturated with hydrogen sulfide and sent for regeneration. An increase in the mass of the absorbate by 0.6 t/h (8.6 t/h against the initial mass of the working fluid of raffinate, 8.0 t/h) is associated with the absorption of valuable C₄+ hydrocarbon fractions contained in the initial flare gas. It allows to reduce their content in the gas, as can be seen from Table 1, and by this reduce their losses due to combustion in the fuel gas

Then, to separate the hydrogen, the lean gas is sent to a membrane gas separation unit, which produces 1.35 t/h (1160 nm³/h) of fuel gas and 0.45 t/h (1570 nm³/h) of hydrogen-containing gas with a content of 79% vol. of hydrogen. The resulting hydrogen concentrate is compressed for short-cycle adsorption (SCA) process, which produces 1240 nm³/h of pure hydrogen, as well as 330 nm³/h of fuel gas. After mixing the fuel gas from the membrane unit and the SCA, the gas is sent to the fuel network of the refinery in the amount of 1490 nm³/h, the composition of which is shown in Table 1.

Conclusions. Thus, the proposed method of gas processing can be used in the oil and gas, oil refining, and petrochemical industries for the utilization of hydrogen- and hydrogen sulfide-containing refinery flare gases. The application of the method can partially cover the demand of the oil refinery in hydrogen by reducing its losses, as well as return valuable hydrocarbon fractions to processing, and the gas purified from hydrogen sulfide - to the fuel network of the plant.

М.К. Джексенов¹, Ф.Р. Исмагилов², С.М. Ахметов³, М.Диаров⁴, Е.Қ. Бектай⁵

¹«Emba Petroleum Project» ЖШС, Атырау, Қазақстан;

²Астрахань мемлекеттік техникалық университеті, Астрахань, Ресей;

³С.Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті, Атырау, Қазақстан;

⁴С.Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті, Атырау, Қазақстан;

⁵Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Алматы, Қазақстан

ҚҰРАМЫНДА КҮКІРТТІ СУТЕГІ БАР ЗАУЫТТЫҚ МҰНАЙ АЛАУ ГАЗЫН КӘДЕГЕ ЖАРАТУ

Аннотация. МӨЗ-дің қазіргі заманғы алау шаруашылығы тасталатын көмірсутекті газ бен будың пайдаға асырылуын қамтамасыз ете алмайды, нәтижесінде, алау шамдарында жағылатын көмірсутекті газдың көлемі азайтылмайды және атмосфераның ластануын азайтуға мүмкіндік болмайды. Алау шаруашылығы

ғының жұмысын тұрақты және апатқа ұшырамайтындай қамтамасыз ету үшін және төгінді газды кәдеге жарату тиімділігін арттыру үшін механикалық немесе ағынды компрессорларды пайдалана отырып, оларды алдын ала компримирлеу және газ тазалау қондырғыларын салу талап етіледі.

Құрамында күкіртсутегі бар зауыттық мұнай алау газын кәдеге жаратудың аз шығынды тәсілі ұсынылды, бұл тәсілдің құрамында алканоламиннің су ерітіндісін сығудың бірінші сатысында жұмыс сұйықтығы ретінде пайдалану арқылы сұйықты-сақиналы компрессормен екі сатылы газды сығу, сондай ақ сығудың бірінші сатысы бойынша компрессатты сепарациялау арқылы күкіртсіздендірілген газ алу және көмірсутекті конденсат пен күкірт сутегімен қаныққан алканоламин абсорбентін алу қарастырылған.

Техникалық ұсыныстың негізгі ерекшелігі – құрамында күкіртсутегі бар факельді газды сұйықты-сақиналы компрессормен сығу процесі екі сатыда жүзеге асырылуында: бірінші сатыда жұмыс сұйықтығы ретінде амин ерітіндісі пайдаланылады, ал екінші сатыда күкіртсіздендірілген газды сығу басқа жұмыс сұйықтығымен, яғни, көмірсутекті абсорбент арқылы жүргізіледі.

Екінші сатыда күкіртсіздендірілген газды сығуды жұмыс сұйықтығы ретінде көмірсутекті абсорбентті пайдалану арқылы сұйық-сақиналы компрессормен жүргізеді, сығудың екінші сатысы бойынша компрессатты салқындату және сепарациялау арқылы бензинденбеген газды, су конденсатын және абсорбатты алады. Су конденсатын қаныққан күкіртсутекпен, алканоламин абсорбентімен араластырады және регенерацияға шығарады, көмірсутегі конденсатын ЖККФ-ды (жеңіл көмірсутектердің кең фракциясы) алатындай етіп абсорбатпен араластырады, ал бензинделген газ сутегі мен отын газын алу арқылы мембраналық бөлуге ұшырайды.

Компрессаттарды сепарациялау кезінде бөлінетін көмірсутекті және су конденсаттарының болуы және олардың мөлшері, зауыттық мұнай алау газдарының құрамына, температурасына және қысымына, алканоламин және көмірсутекті абсорбенттердің шығыны мен температурасына, сондай-ақ, екінші сатылы компрессаттың әрбір сатыдағы сығылу қысымынан және оның салқындату температурасына байланысты болады. Үдерістің технологиялық параметрлері отын газы мен сутегінің (құрамында сутегі бар газ) құрамы мен сипаттамаларына, сондай-ақ отын газы бар көмірсутек фракциялары шығынының рұқсат етілген деңгейіне қойылатын талаптарға сүйене отырып беріледі.

Көмірсутекті абсорбент ретінде бензиндер, керосиндер, дизель отындары және тұтқырлығы төмен кез келген басқа да көмірсутекті қоспалар пайдаланылуы мүмкін.

Тәжірибелік жүріс және есептік зерттеулер нәтижелері бойынша NASH фирмасының NAM-2500 маркалы сұйықты-сақиналы компрессор негізіндегі компримирлеу блогын қамтитын өнімділігі 3000 нм³/сағ (2,4 т/сағ) МӨЗ-ның факельді газын кәдеге жарату торабын жобалауға технологиялық регламент әзірленді.

Ұсынылған әдісті қолдану МӨЗ-нің сутегідегі қажеттілігін оның шығынын азайту есебінен ішінара жабуды, сондай-ақ газды және көмірсутекті фракцияларды қайта өңдеуге немесе зауыттың отын желісіне қайтаруды қамтамасыз етуі мүмкін.

Түйін сөздер: алау қондырғысы, мұнайды қайта өңдеу; төгінді газ; күкіртті сутегі; газдарды тазарту; газдарды компримирлеу; сұйықты-сақиналы компрессор; сутекті кәдеге жарату; отын газы.

М. К. Джекенов¹, Ф. Р. Исмагилов², С. М. Ахметов³, М. Диаров⁴, Е. К. Бектай⁵

¹LLP «Emba petroleum Project», Атырау, Қазақстан,

²Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия,

³Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева, Атырау, Қазақстан,

⁴Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева, Атырау, Қазақстан,

⁵Қазақский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Қазақстан

УТИЛИЗАЦИЯ СЕРОВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ НЕФТЕЗАВОДСКИХ ФАКЕЛЬНЫХ ГАЗОВ

Аннотация. Современное факельное хозяйство НПЗ не обеспечивает полезное использование сбрасываемых углеводородных газов и паров, что не позволяет уменьшать объем сжигаемых в факельных свечах углеводородного газа и снижать загрязнение атмосферы. Для обеспечения устойчивой и безаварийной работы факельного хозяйства и для повышения эффективности утилизации сбросных газов требуется их предварительное компримирование с использованием механических или струйных компрессоров и сооружение газоочистных установок.

Предложен малозатратный способ утилизации сероводородсодержащих нефтезаводских факельных газов, включающий двухступенчатое сжатие газов жидкостно-кольцевым компрессором с использованием на первой ступени сжатия водного раствора алканолamina в качестве рабочей жидкости, сепарацию

компрессата первой ступени сжатия с получением обессеренного газа, углеводородного конденсата и насыщенного сероводородом алканоламинового абсорбента.

Особенностью технического предложения является то, что процесс сжатия сероводородсодержащего факельного газа жидкостно-кольцевым компрессором осуществляют в две ступени: на первой ступени в качестве рабочей жидкости используют аминовый раствор, на второй ступени сжатие обессеренного газа проводят другой рабочей жидкостью — углеводородным абсорбентом.

На второй ступени сжатие обессеренного газа проводят жидкостно-кольцевым компрессором с использованием в качестве рабочей жидкости углеводородного абсорбента, охлаждением и сепарацией компрессата второй ступени сжатия получают отбензиненный газ, водный конденсат и абсорбат. Водный конденсат смешивают с насыщенным сероводородом алканоламиновым абсорбентом и выводят на регенерацию, углеводородный конденсат смешивают с абсорбатом с получением ШФЛУ, а отбензиненный газ подвергают мембранному разделению с получением водорода и топливного газа.

Наличие и количество углеводородного и водного конденсатов, выделяемых при сепарации компрессатов, зависит от состава, температуры и давления нефтезаводских факельных газов, от расхода и температуры алканоламинового и углеводородного абсорбентов, а также от давления сжатия на каждой из ступеней и температуры охлаждения компрессата второй ступени. Технологические параметры процесса задаются исходя из требований, предъявляемых к составу и характеристикам топливного газа и водорода (водородсодержащего газа), а также к допустимому уровню потерь углеводородных фракций с топливным газом.

В качестве углеводородного абсорбента могут быть использованы бензины, керосины, дизельные топлива и любые другие углеводородные смеси с невысокой вязкостью.

По результатам опытного пробег и расчетных исследований разработан технологический регламент на проектирование узла утилизации факельного газа НПЗ производительностью 3000 нм³/час (2,4 т/час), включающий блок компримирования на основе жидкостно-кольцевого компрессора марки NAM-2500 фирмы NASH.

Применение способа может частично покрыть потребности НПЗ в водороде за счет снижения его потерь, а также вернуть газ и углеводородные фракции на переработку или в топливную сеть завода.

Ключевые слова: факельная установка, переработка нефти; сбросный газ; сероводород; очистка газов; компримирование газов; жидкостно-кольцевой компрессор; утилизация водорода; топливный газ.

Information about authors:

Jexenov M.K., Candidate of Engineering Sciences, chief specialist of LLP "Emba Petroleum Project", Atyrau, Republic of Kazakhstan; E-mail: ddm85@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1741-3931>;

Ismagilov F.R., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Chemical Technology of oil and gas processing of Astrakhan state technical University; Astrakhan, Russia, E-mail: frismagilov@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1577-8929>;

Akhmetov S.M., Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector for science and innovation of Atyrau University of oil and gas named after S. Utebayev, Academician of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences; Atyrau, Republic of Kazakhstan; E-mail: axmetov_aing@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1983-457X>;

Diarov M., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Chief researcher Of the scientific laboratory "Geoecology" of Atyrau University of oil and gas named after S. Utebayev, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan; Atyrau, Republic of Kazakhstan; muftah.diarov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4799-5821>;

Bektay Y.K., Professor of Satbayev Kazakh National Technical University, corresponding member of the National Academy of Mining Sciences of the Republic of Kazakhstan; Almaty, Republic of Kazakhstan; bektay_y@list.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5304-5021>

REFERENCES

[1] Safety guide for flare systems. Series 03. Issue 68. (2013). Moscow. CJC "Scientific and technical center for industrial safety research". 48 p. (in Russ.).

[2] Kapustin V.M., Rudin M.G., Kudinov A.M. (2017) Oil refining technology. In 4 parts. Part Four General factory economy. (ISBN 978-5-98109-109-4). Moscow. Chemistry, 320 p. (in Russ.).

[3] Zadakbar O., Vatani A., Karimpour K. (2008). Flare Gas Recovery in Oil and Gas Refineries. https://www.researchgate.net/journal/1294-4475_Oil_Gas_Science_and_Technology Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP. V. 63. N. 6. P. 705-711.

[4] Abdollah Hajizadeh, Mohamad Mohamadi-Baghmolaei, RezaAzin, ShahriarOsfour, IsaHeydari. (2018). Technical and economic evaluation of flare gas recovery in a giant gas refinery. *Chemical Engineering Research and Design*. V. 131. P. 506-519. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2017.11.026>

[5] Zhang S., Wang S., Zhang R. (2012). Analysis on the Potential of Greenhouse Gas Emission Reduction in Henan's Electricity Sector. *Energy and Environment Research*. N. 2. P. 195-204.

- [6] Jou C.J.G. et al. (2008). Reduction of energy cost and CO₂ emission for the boilers in a full-scale refinery plant by adding waste hydrogen-rich fuel gas. *Energy and Fuels*. N. 22. P. 564-569.
- [7] Jou C.J.G. et al. (2010). Reduction of Energy Cost and CO₂ Emission for the Furnace Using Energy Recovered from Waste Tail-Gas // *Energy*. N 35. P. 1232-1236.
- [8] Saidi, M., F. Siavashi and M. R. Rahimpour (2014). Application of solid oxide fuel cell for flare gas recovery as a new approach; a case study for Asalouyeh gas processing plant, Iran. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. V.17. P. 13-25.
- [9] Gulyaeva L.A., Popov A.V. (2015). Fuel gas production technology for oil refining furnaces. *Oil refining and petrochemistry*. N. 1. P.13-19. (in Russ.).
- [10] Kondrasheva N.K., Rudko V.A. (2017). Problems and prospects for the processing of coconut gases of heavy petroleum feedstocks. *Gas industry*, N.10 (759). P. 48-51.
- [11] Rahimpour M. R., Jamshidnejad Z., Jokar S.M. et al. (2012). A comparative study of three different methods for flare gas recovery of Asalouyeh Gas Refinery. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. N. 4. P.17-28.
- [12] Stoyan A.V., Reutova O. A. (2017). Modernization of flare systems for the purpose of compressing flare gases using an ejector. *Proceedings of the V International scientific and practical conference "Urban environment Security"*. Omsk. P. 229. (in Russ.).
- [13] Tarakanov G.V., Savenkova I.V., Ramazanova A.R. (2017). Disposal of hydrogen sulfide-containing flare gas using a liquid jet apparatus. *BUSINESS MAGAZINE NEFTEGAZ.RU*. N. 2. P. 70-72. (in Russ.).
- [14] Jet-compressor units based on two-phase jet devices for utilization of flare, associated petroleum and other low-pressure gases. (2019). [Electronic resource] URL: <http://www.technovacuum.com.ru/compressor-jet.html>. (Date of access: 28.05.2020)
- [15] Fisher P. (2002) Minimize Flaring by Flare Gas Recovery, *Hydrocarbon. Process*. V.81. N.6. P.83-85.
- [16] Alcazar C., Amilio M. (1984) Get Fuel Gas from Flare, *Hydrocarb. Process*. V.64. N.7. P.63-64.
- [17] Sharama R.K. (2007) Minimize Your Refinery Flaring, *Hydrocarbon Process*. V. 86. N. 2. P. 105-106.
- [18] Louwerse R., Fischer J. (2017). Technology for gas utilization using compressors and membrane separation. *Chemical technology*. N.12. P.13. (in Russ.).
- [19] Osipov E.V., Telyakov E.Sh., Latypov R.M., Bugembe D. (2019) Influence of heat and mass transfer processes occurring in a liquid-ring vacuum pump on its performance characteristics. *Engineering and physical journal*. V. 92. N.4. P. 1089-1098 (in Russ.).
- [20] Turebekova G.Z., Shapalov Sh.K., Alpamysova G.B., Issayev G. I., Bimbetova G.Zh., Kerimbayeva K., Bostanova A.M., Yessenaliyev A.E. (2018). The opportunities of the rational use of the waste of oil production and oil refining in the manufacture of tire rubber // *News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology*. Vol. 4, N. 430. P. 120–124 (in Eng.).
- [21] Kryukov A.V., Kurochkin A.V., Ismagilov F.R. (2015). Method of utilization of oil-plant flare gases. Patent RF 2 558 886. (in Russ.).

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации
в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (Print)

Редакторы: *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, А. Ахметова*
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 08.10. 2020.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
9,6 п.л. Тираж 300. Заказ 5.