



УДК 622.279.8 + 621.924.06

ПРИНЦИП СБОРА И ПОДГОТОВКИ НИЗКОДАВЛЯЮЩЕГО НЕФТЯНОГО ГАЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОПРИВОДНЫХ СТРУЙНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ АГРЕГАТОВ

THE PRINCIPLE OF COLLECTION AND TREATMENT OF LOW PRESSURE PETROLEUM GAS USING HYDRAULIC JET COMPRESSOR UNITS

Кусов Геннадий Владимирович

аспирант,
Северо-Кавказский федеральный университет
de_france@mail.ru

Савенок Ольга Вадимовна

доктор технических наук,
профессор кафедры Нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный технологический университет
olgasavenok@mail.ru

Аннотация. В статье описан принцип сбора и подготовки нефтяного газа с применением гидроприводных струйных компрессорных агрегатов. Показано, что технология выполняется в одну или несколько ступеней. Приведены принципиальная схема одной ступени гидроприводной многофункциональной технологии сбора и подготовки нефтяного газа и принципиальная схема одной ступени гидроприводной многофункциональной технологии сбора и подготовки разных ступеней сепарации нефти. Рассмотрены преимущества описанной одноступенчатой технологии над традиционными технологиями с компрессорными агрегатами, которые используются в существующих системах сбора и подготовки нефтяных газов.

Ключевые слова: принцип сбора и подготовки нефтяного газа, применение гидроприводных струйных компрессорных агрегатов, традиционные технологии сбора и подготовки газа, принципиальная схема одноступенчатой технологии, низконапорный многокомпонентный нефтяной газ, технология сбора и подготовки разных ступеней сепарации нефти.

Kusov Gennady Vladimirovich

Graduate student,
North-Caucasian Federal University
de_france@mail.ru

Savenok Olga Vadimovna

Doctor of Technical Sciences,
Professor of oil and gas engineering
Department named after
professor G.T. Vartumyan,
Kuban State Technological University
olgasavenok@mail.ru

Annotation. The article describes the principle of collecting and preparing petroleum gas using hydraulically driven jet compressor units. It is shown that the technology is performed in one or several steps. A schematic diagram of one stage of a hydraulic multi-function technology for collecting and preparing oil gas and a schematic diagram of one stage of a hydraulic multi-function technology for collecting and preparing different stages of oil separation are given. The advantages of the described single-stage technology over traditional technologies with compressor units that are used in existing systems for the collection and preparation of oil gases are considered.

Keywords: principle of collection and preparation of oil gas, use of hydraulic drive jet compressor units, traditional gas collection and treatment technologies, schematic diagram of a single-stage technology, low-pressure multicomponent petroleum gas, technology for the collection and preparation of various stages of oil separation.

Газ, отводимый от концевых ступеней сепарации нефти, практически не имеет избыточного давления и содержит большое количество легкоконденсирующихся углеводородных компонентов и паров воды. Его количество по сравнению с газами предыдущих ступеней сепарации нефти невелико. Сбор, компримирование и подготовка таких газов встречает большое количество проблем.

Традиционные технологии сбора и подготовки газа построены из ряда последовательно выполняемых процессов. Например, при сборе и подготовке газа – это транспорт газа по внутринефтепромысловым трубопроводам, сепарация от капельной жидкости и механических примесей, его компримирование, охлаждение, сепарация сконденсированных углеводородов и воды, осушка газовой фазы методами НТС, НТК или абсорбцией. Каждый процесс осуществляется в определённой последовательности и на определённом оборудовании. Вся технология представляет собой линию (агрегат), смонтированную из нескольких специализированных аппаратов. Каждый аппарат обвязан соответствующими трубопроводами с запорно-регулирующей арматурой и автоматикой. Металлоёмкость (соответственно и капиталоемкость) таких технологических линий высокая. Для технологий высокой произво-



длительности это приемлемо. По такому принципу обустроены все газовые, газоконденсатные и нефтяные месторождения.

Для технологий небольшой производительности капиталовложения на единицу объема добываемого газа обратно пропорционально производительности. Поэтому линейно-цепочечный подход к созданию технологий сбора и подготовки газов небольшой производительности неприемлем. Малогабаритные газобензиновые установки, спроектированные по такому принципу, не получили широкого распространения.

В основу адаптированной технологии положен метод совмещения и одновременного выполнения нескольких процессов, а именно:

- сжатие газа;
- его промывка от механических примесей, капельной жидкости (засоленной пластовой воды);
- охлаждение с конденсацией паров воды и углеводородов;
- при необходимости осуществляется абсорбционная осушка газа и/или его очистка от кислых компонентов (H_2S , CO_2), а также сераорганических соединений (серооксид углерода (COS), сероуглерод (CS_2), меркаптаны (RSH), тиофены) и других примесей;
- многофазного разделения сжатого газа, углеводородного конденсата, воды или насыщенного абсорбента.

Технология выполняется в одну или несколько ступеней.

Принципиальная схема одноступенчатой технологии представлена на рисунке 1.

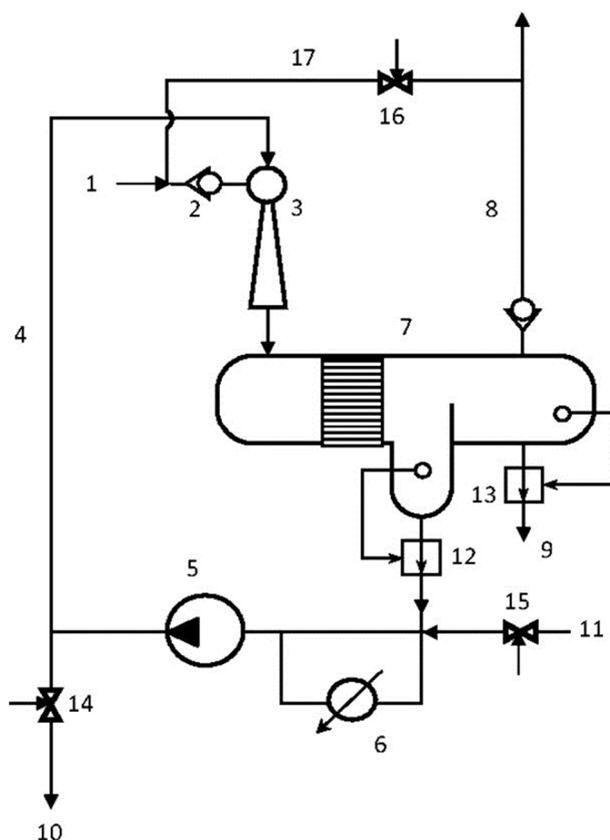


Рисунок 1 – Принципиальная схема одной ступени гидроприводной многофункциональной технологии сбора и подготовки нефтяного газа:
 1 – линия подачи низконапорного нефтяного газа; 2 – обратный клапан;
 3 – жидкостно-струйный компрессор;
 4 – линия подачи высоконапорной рабочей жидкости; 5 – насос;
 6 – холодильник; 7 – фазный разделитель;
 8 – линия сжатого подготовленного газа;
 9 – линия отвода углеводородного конденсата;
 10 – линия отвода насыщенного абсорбента;
 11 – линия подачи концентрированного абсорбента;
 12, 13 – управляемые по уровню клапаны;
 14, 15, 16 – запорно-регулирующие клапаны (возможно дистанционное управление); 17 – байпас



Низконапорный многокомпонентный нефтяной газ поступает по линии 1 через обратный клапан 2 в жидкостно-струйный компрессор 3 (ЖСК). По линии 4 в ЖСК насосом 5 подаётся высоконапорная рабочая жидкость (техническая вода или абсорбент), охлаждённая в холодильнике 6. В качестве холодильника может служить аппарат воздушного охлаждения (АВО) или рекуперативный теплообменник, служащий для нагрева нефти. В ЖСК газ сжимается и одновременно промывается от капельной жидкости и механических примесей.

Если рабочей жидкостью служит абсорбент осушки газа (например, диэтиленгликоль ДЭГ) или очистки от кислых компонентов (например, моноэтаноламин МЭА или дигликольамин ДГА), то осуществляется очистка газа от водных или кислых компонентов. Разделение сжатого газа, углеводородного конденсата и воды или абсорбента производится в трёхфазном разделителе 7 емкостного типа. Разделители такого типа имеют ещё наименование – многофункциональный аппарат (МФА). Разделение производится с эффективностью порядка 99 %. Сжатый газ отводится в линию 8, углеводородный конденсат – через линию 9; насыщенный абсорбент – в линию 10. Концентрированный абсорбент подводится по линии 11.

Регулировка производительности осуществляется перепуском части газа по байпасу 17 в линию 1 подачи исходного газа.

С целью подготовки нескольких газов, имеющих разное давление, например, газов из второй и третьей ступеней сепарации нефти, применима технология, выполненная по схеме, представленной на рисунке 2. По такой схеме по одной технологии производится сбор и подготовка газа двух ступеней сепарации нефти. Газ второй и третьей ступеней сепарации нефти, которые имеют разное давление, подаются соответственно по линиям 1 и 18 в ЖСК 3 и 19. Газы сжимаются в ЖСК, например, до давления в сборном промысловом газопроводе, равном давлению в первой ступени сепарации нефти. Процессы очистки и подготовки газов осуществляются аналогично технологии, описанной выше.

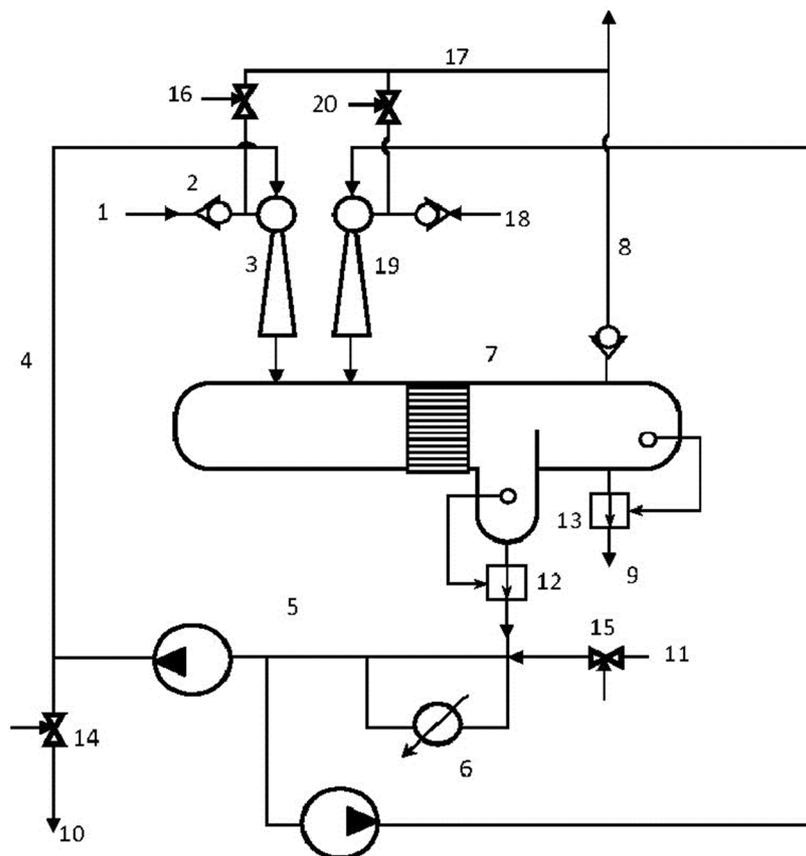


Рисунок 2 – Принципиальная схема одной ступени гидроприводной многофункциональной технологии сбора и подготовки разных ступеней сепарации нефти:

- 1 – линия подачи газа второй ступени сепарации нефти; 2 – обратный клапан;
- 3 – жидкостно-струйный компрессор; 4 – линия подачи высоконапорной рабочей жидкости;
- 5 – насос; 6 – холодильник; 7 – фазный разделитель (МФА); 8 – линия сжатого подготовленного газа;
- 9 – линия отвода углеводородного конденсата; 10 – линия отвода насыщенного абсорбента;
- 11 – линия подачи концентрированного абсорбента; 12, 13 – управляемые по уровню клапаны;
- 14, 15, 16 – запорно-регулирующие клапаны (возможно дистанционное управление);
- 17 – байпас; 18 – линия подачи газа третьей ступени сепарации нефти



Помимо того, что данной технологией может производиться частичная осушка газа от воды и очистка его от кислых компонентов, следует отметить следующие преимущества описанной одноступенчатой технологии над традиционными технологиями с компрессорными агрегатами, которые используются в существующих системах сбора и подготовки нефтяных газов.

1. Возможность одновременного сжатия газа различного исходного давления (рис. 2), т.е. разных ступеней сепарации нефти.
2. Гибкое изменение производительности по газу:
 - путём перепуска газа по байпасу 17;
 - изменением числа оборотов насоса;
 - ступенчатое – отключением одного из нескольких насосов.
3. Сжатие газа в ЖСК является изотермическим в связи с тем, что жидкости по массе намного больше газа. Изотермический процесс сжатия газа является с энергетической (термодинамической) точки зрения наиболее эффективным.
4. Стабильная беспомпажная работа при:
 - сжатии газа любой плотности и компонентного состава (при наличии любого количества конденсирующихся углеводородных и водяного компонентов);
 - пульсирующих изменениях термобарических параметров (давления, температуры) исходного газа.
5. Отсутствие компрессорных машин для каждого состава и давления газа, требующие резерва.
6. Допустимая работа при наличии в сжимаемом газе механических примесей, пены, капельной жидкости, которая может содержать смолы, парафины, асфальтены, а также при спонтанном поступлении из подводящего газопровода жидкостных пробок.
7. Удаление из газа тяжёлых углеводородных компонентов и паров воды в процессе его сжатия. В процессе сжатия многокомпонентного углеводородного газа холодной жидкостью конденсируются пары воды и углеводородные компоненты.
8. Очистка газа от механических примесей, пены, капельной жидкости, жидкостных пробок. Эффективность промывки газа в жидкостно-струйном компрессоре очень высока и является наилучшим процессом из известных. Не требуется дополнительное оборудование (входной сепаратор, ресивер).
9. Обеспечение подачи углеводородного конденсата под давлением сжатого газа на переработку или в нефть для повышения её качества.
10. Высокая надёжность за счёт отсутствия движущихся частей в жидкостно-струйных компрессорах, а также за счёт возможности непрерывной работы насосов более 8000 часов.
11. Повышенная взрыво- и пожаробезопасность за счёт полностью герметичной системы, в которой применяются насосы с магнитными муфтами между приводом и рабочим валом.
12. Возможность использования тепла, поглощаемого рабочей жидкостью при сжатии газа, например, для подогрева нефти.
13. Не имеет традиционного масляного хозяйства и не требуют специальных смазочных материалов, поэтому не требуется масляное хозяйство и пр.
14. Возможна полная автоматизация (работа в автоматическом режиме, управление и контроль с пульта дежурного оператора).
15. Обслуживание периодическое (не требуется постоянное присутствие персонала).
16. Запуск и остановка осуществляется одной кнопкой на щите управления насосами или по команде из помещения операторной.
17. Уменьшенные капитальные затраты (стоимость насосов в несколько раз меньше стоимости компрессоров).

Литература:

1. Запорожец Е.П. Регулярные процессы и оборудование в технологиях сбора, подготовки и переработки нефтяных и природных газов / Е.П. Запорожец и др. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012. – 620 с.
2. Зиберт Г.К. Подготовка и переработка углеводородных газов и конденсата. Технологии и оборудование / Г.К. Зиберт, Е.П. Запорожец, И.М. Валиуллин. – М. : Недра, 2008. – 734 с.
3. Зиберт Г.К. Технологии и техника сбора нефтяного газа / Г.К. Зиберт и др. – М. : Недра, 2013. – 404 с.
4. Галиев А.А. Численное моделирование сепаратора с изменением конструктивных особенностей // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 4. – С. 56–58.
5. Галиева Р.А. Исследование одновременной очистки газа от кислых компонентов и сероорганических соединений новыми абсорбентами физико-химического действия // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 4. – С. 42–44.
6. Зиянгилов А.Г. Перспективы применения мобильных компрессорных установок в условиях завершающей стадии разработки газовых месторождений / А.Г. Зиянгилов, Т.И. Мухамедьянов, В.И. Павлюченко // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 4. – С. 62–64.



7. Кусов Г.В. Автоматизированная система управления установкой подготовки попутного нефтяного газа / Г.В. Кусов, О.В. Савенок; Под общ. ред. Т.М. Сигитова // Современные тенденции развития нефтегазовой и машиностроительной отраслей: сборник научных статей по материалам I Международной научно-практической конференции (25 мая 2016 года, г. Пермь). – Пермь : ИП Сигитов Т.М., 2016. – С. 21–29.

8. Кусов Г.В. Модернизация низкотемпературных сепараторов на Уренгойском газоконденсатном месторождении / Г.В. Кусов, О.В. Савенок // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2016. – № 2. – С. 179–197.

9. Кусов Г.В. Анализ системы подготовки газа на Уренгойском газоконденсатном месторождении (на примере УКПГ-15) / / Г.В. Кусов, О.В. Савенок // Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции «Теоретические и прикладные исследования в области естественных, гуманитарных и технических наук» (17 июня 2016 года, г. Прокопьевск). – Прокопьевск, 2016. – С. 84–95.

10. Кусов Г.В. Влияние систем автоматизации и контроля на надёжность функционирования систем сбора, подготовки и транспорта газа / Г.В. Кусов, О.В. Савенок // Сборник статей международной исследовательской организации «Cognitio» по материалам XII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки XXI века» (31 июля 2016 года, г. Москва). – М. : Международная исследовательская организация «Cognitio», 2016. – С. 45–48.

11. Кусов Г.В. Обоснование применимости экспоненциального закона распределения при оценке надёжности блочного автоматизированного нефтепромыслового оборудования / Г.В. Кусов, О.В. Савенок // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № 8. – С. 158–165.

12. Кусов Г.В. Анализ эффективности подготовки газа на УКПГ-9 Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения. Технологическая часть / Г.В. Кусов, О.В. Савенок // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2016. – № 3. – С. 40–51.

13. Кусов Г.В. Анализ эффективности подготовки газа на УКПГ-9 Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения. Модернизация аппаратов осушки газа / Г.В. Кусов, О.В. Савенок // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2016. – № 3. – С. 52–72.

14. Кусов Г.В. Анализ системы сбора и подготовки газа Бованенковского месторождения / Г.В. Кусов, О.В. Савенок // Сборник статей научно-информационного центра «Знание» по материалам XX Международной заочной научно-практической конференции «Развитие науки в XXI веке» (13 декабря 2016 года, г. Харьков). – Харьков : научно-информационный центр «Знание». – Ч. 2. – С. 22–29.

15. Кусов Г.В. Характеристика системы сбора и подготовки газа на Медвеьем месторождении // Журнал «Научный форум. Сибирь». – Тюмень : ООО «Русарра», 2016. – Т. 2. – № 4. – С. 31–33.

16. Кусов Г.В. Система сбора и подготовки газа на примере УКПГ-13 Уренгойского газоконденсатного месторождения / Г.В. Кусов, О.В. Савенок, Одунлами Казим Алан // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2016. – № 4. – С. 120–133.

17. Савенок О.В. Перспективы рационального использования попутного нефтяного газа в России // Газовая промышленность. Спецвыпуск журнала «Газовая промышленность»: Вузовская наука – нефтегазовой отрасли. – 2013. – № 692. – С. 91–95.

18. Савенок О.В. Методы и технологии переработки и эффективного использования попутного нефтяного газа / О.В. Савенок, Д.Д. Шарыпова // Нефть. Газ. Новации. – 2013. – № 10/2013. – С. 64–71.

19. Шестерикова Р.Е. Энергетический анализ влияния очистки газа от диоксида углерода на его транспортировку по магистральным газопроводам / Р.Е. Шестерикова, А.А. Шестерикова, И.А. Галанин // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 4. – С. 74–77.

References:

1. Zaporozhets E.P. Regular processes and equipment in technologies of oil and natural gas gathering, preparation and processing / E.P. Zaporozhets et al. – Krasnodar : Publishing House – South, 2012. – 620 p.

2. Siebert G.K. Preparation and processing of hydrocarbon gases and condensate. Technologies and equipment / G.K. Siebert, E.P. Zaporozhets, I.M. Valiullin. – M. : Nedra, 2008. – 734 p.

3. Siebert G.K. Technologies and technique of the oil gas gathering / G.K. Siebert et al. – M. : Subsoil, 2013. – 404 p.

4. Galiev A.A. Numerical modeling of a separator with change of the design features // Bulatovskie readings. – 2018. – V. 4. – P. 56–58.

5. Galiev R.A. Investigation of the simultaneous gas purification from the acidic components and the sulfur compounds by the new absorbents of the physical and chemical action // Bulatovskie readings. – 2017. – Vol. 4. – P. 42–44.

6. Ziyangirov A.G. Perspectives of the mobile compressor units application in the conditions of the final stage of the gas fields development / A.G. Ziyangirov, T.I. Mukhamedianov, V.I. Pavlyuchenko // Bulatovskie readings. – 2018. – V. 4. – P. 62–64.

7. Kusov G.V. Automated control system for the associated petroleum gas preparation unit / G.V. Kusov, O.V. Savenok; Ed. by T.M. Sigitov // Modern trends in the development of the oil-gas and machine-building industries: collection of scientific articles on the materials of the I International scientific-practical conference (May 25, 2016, Perm). – Perm : IE Sigitov T.M., 2016. – P. 21–29.

8. Kusov G.V. Modernization of the low-temperature separators at the Urengoy gas-condensate field / G.V. Kusov, O.V. Savenok // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic bulletin). – 2016. – № 2. – P. 179–197.

9. Kusov G.V. Analysis of the gas preparation system at the Urengoy gas condensate field (on the example of GPP-15) / G.V. Kusov, O.V. Savenok // Collection of scientific papers on materials of All-Russian scientific-practical conference «Theoretical and applied research in the field of natural, humanities and technical sciences». (June 17, 2016, Prokopievsk). – Prokopievsk, 2016. – P. 84–95.



10. Kusov G.V. Influence of automation and control systems on the reliability of functioning of gas gathering, preparation and transport systems / G.V. Kusov, O.V. Savenok // Collection of articles of international research organization «Cognitio» on the materials of the 22nd International scientific-practical conference «Actual problems of science of the XXI century» (July 31, 2016, Moscow). – M. : International research organization «Cognitio», 2016. – P. 45–48.
11. Kusov G.V. Justification of the exponential distribution law applicability at the reliability estimation of the block automated oilfield equipment / G.V. Kusov, O.V. Savenok // Gornyi Informational-Analytical Bulletin (scientific and technical journal). – 2016. – № 8. – P. 158–165.
12. Kusov G.V. Analysis of the gas preparation efficiency at the gas processing unit 9 of the Yamburg oil-gas-condensate field. Technological part / G.V. Kusov, O.V. Savenok // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnical bulletin). – 2016. – № 3. – P. 40–51.
13. Kusov G.V. Analysis of Gas Treatment Efficiency at Gas Processing Unit-9 of the Yamburg oil-gas-condensate field. Modernization of the gas drying apparatuses / G.V. Kusov, O.V. Savenok // Science. Technique. Technologies (Polytechnic bulletin). – 2016. – № 3. – P. 52–72.
14. Kusov G.V. Analysis of the gas gathering and preparation system of Bovanenkovskoye field (in Russian) / G.V. Kusov, O.V. Savenok // Collection of articles of scientific-informational center «Znaniye» on materials of the XX International correspondence scientific-practical conference «Development of science in the XXI century». (December 13, 2016, Kharkov). – Kharkov : Scientific-Information Center «Knowledge». – Part 2. – P. 22–29.
15. Kusov G.V. Characteristics of the gas gathering and preparation system at the Medvezhiy field // Journal «Scientific Forum. Siberia». – Tyumen : «Rusarra», 2016. – V. 2. – № 4. – P. 31–33.
16. Kusov G.V. System of gas gathering and preparation on an example of Urengoi gas-condensate field RPG-13 / G.V. Kusov, O.V. Savenok, Odunlami Kazim Alan // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic bulletin). – 2016. – № 4. – P. 120–133.
17. Savenok O.V. Prospects of the associated petroleum gas rational use in Russia // Gas industry. Special issue of the journal «Gazovaya Promyshlennost»: Higher education science – oil and gas industry. – 2013. – № 692. – P. 91–95.
18. Savenok O.V. Methods and technologies of processing and effective use of the associated petroleum gas / O.V. Savenok, D.D. Sharypova // Oil. Gas. Innovations. – 2013. – № 10/2013. – P. 64–71.
19. Shesterikova R.E. Energy analysis of an influence of the gas cleaning from the carbon dioxide on its transportation through the main gas pipelines / R.E. Shesterikova, A.A. Shesterikova, I.A. Galanin // Bulatovskie readings. – 2017. – V. 4. – P. 74–77.