РАЗВИТИЕ РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНГИБИТОРА ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ НА АЧИМОВСКИХ УКПГ УРЕНГОЙСКОГО НГКМ

УДК 622.279+661.7

А.Ю. Корякин, ООО «Газпром добыча Уренгой» (Новый Уренгой, РФ), referent@gd-urengoy.gazprom.ru

А.И. Ермолаев, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина» (Москва, РФ), rgkm@gubkin.ru

И.М. Колесников, д.х.н., проф., ФГБОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина», kolesnim@mail.ru

В.Ф. Кобычев, ООО «Газпром добыча Уренгой», v.f.kobychev@gd-urengoy.gazprom.ru

И.В. Игнатов, ООО «Газпром добыча Уренгой», i.v.ignatov@gd-urengoy.gazprom.ru

А.И. Кагарманов, Инженерно-технический центр, филиал ООО «Газпром добыча Уренгой» (Новый Уренгой, РФ), a.i.kagarmanov@gd-urengoy.gazprom.ru

Разработка ачимовских газоконденсатных отложений – новая страница в истории Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения и одно из приоритетных направлений производственной деятельности для ООО «Газпром добыча Уренгой». При эксплуатации ачимовских залежей требуются значительные затраты антигидратного ингибитора. Повышенные расходы объясняются необходимостью применения технологии низкотемпературной сепарации и, соответственно, работой при термобарических параметрах газа в условиях гидратообразования. Газ газоконденсатных месторождений, содержащий существенное количество пропан-бутановых фракций, образует в большинстве случаев гидраты со структурами II типа, у которых температура гидратообразования выше, чем у гидратов со структурами I типа, свойственными легкому газу сеноманских отложений.

Для оптимизации расходов антигидратного ингибитора известны технологии рециркуляции на основе десорбции метанола теплым пластовым газом в сепараторах, оборудованных массообменными внутренними устройствами. При обустройстве ачимовских газоконденсатных отложений Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения проектом была предусмотрена подача высококонцентрированного метанольного раствора в колонну-десорбер, призванная оптимизировать завышенные затраты метанола при ингибировании установки подготовки газа. В ходе теоретических и практических исследований был выявлен ряд недостатков проектной схемы и определены направления по ее улучшению.

В статье рассматриваются технические решения по совершенствованию технологии ингибирования низкотемпературной сепарации, направленные на оптимизацию расхода метанола и сокращение его уноса с конденсатом на примере газоконденсатного промысла ГКП-22, эксплуатирующего II участок ачимовских отложений Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения. Данное техническое решение предложено для тиражирования в проекты обустройства IV и V участков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АЧИМОВСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ, МЕТАНОЛ, ИНГИБИТОР, СХЕМА УСТАНОВКИ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, МОДЕРНИЗАЦИЯ, КОЛОННА.

ООО «Газпром добыча Уренгой» принадлежит шесть эксплуатационных участков (1А–6А) ачимовских отложений Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ) с пятью газоконденсатными и одной нефтяной залежами. Эксплуатация первого ачимовского участка началась в 2008 г. на УКПГ-31 совместным предприятием АО «Ачимгаз», созданным с участием ПАО «Газпром», ООО «Газпром добыча Уренгой» и Wintershall Holding GmbH. С октября 2009 г. ООО «Газпром добыча Уренгой» ввело в эксплуатацию газоконденсатный промысел ГКП-22 второго ачимовского участка.

При проектировании установок подготовки ачимовских отложений был учтен опыт разработки газоконденсатных валанжинских залежей Уренгойского и

Koryakin A.Yu., Gazprom dobycha Urengoy (Novy Urengoy, Russian Federation), referent@gd-urengoy.gazprom.ru

Ermolaev A.I., Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)" (Moscow, Russian Federation), rgkm@gubkin.ru

Kolesnikov I.M., Doctor of Sciences (Chemistry), Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)", kolesnim@mail.ru

Kobychev V.F., Gazprom dobycha Urengoy LLC, v.f.kobychev@gd-urengoy.gazprom.ru

Ignatov I.V., Gazprom dobycha Urengoy LLC, i.v.ignatov@gd-urengoy.gazprom.ru

Kagarmanov A.I., Engineering and Technical Center, Branch of Gazprom dobycha Urengoy LLC (Novy Urengoy, Russian Federation), a.i.kagarmanov@gd-urengoy.gazprom.ru

Development of recycle technologies of the hydrate growth inhibitor use at the Achimov gas processing plants at the Urengoyskoe oil and gas condensate field

The development of the Achimov gas condensate deposits is a new page in the history of the Urengoyskoe oil and gas condensate field and one of the priority areas of industrial activity for Gazprom dobycha Urengoy LLC. The exploitation of the Achimov deposits requires significant volumes of the anti-hydrate inhibitor. The increased costs are explained by the need to use the low-temperature separation technology and, accordingly, operation under thermobaric gas parameters in conditions of hydrate formation. Gas of the gas condensate fields contains a significant amount of the propane and butane fractions and usually forms hydrates with structures of the II type, which hydrate formation temperature is higher than the temperature of hydrates with structures of the I type, that are typical for light gas from Cenomanian deposits.
The recycle technologies based on methanol desorption by warm formation gas in separators equipped with mass exchange internal devices are known for optimization the costs of the anti-hydrate inhibitor. The development of the Achimov gas condensate deposits of the Urengoyskoe oil and gas condensate field is based on the supply of a highly concentrated methanol solution to the strip column, the technology was designed to optimize high methanol costs of inhibition of the gas treatment unit. A number of shortcomings in the design scheme was identified during theoretical and practical research, and the directions for its improvement were determined.
The article considers the technical solutions for improving the inhibition technology of the low-temperature separation, which are aimed at optimizing the methanol consumption and reducing its carry-over with condensate in the example of the gas condensate field of the GKP-22 operating the II section of the Achimov deposits of the Urengoyskoe oil and gas condensate field. This technical solution is proposed for replication in the projects for the development of the IV and V plots.

KEYWORDS: ACHIMOV DEPOSITS, METHANOL, INHIBITOR, UNIT SCHEME, MATHEMATICAL MODEL, MODERNIZATION, COLUMN.

Ен-Яхинского месторождений. Как и на валанжинских промыслах, на существующих ачимовских установках подготовки газа был реализован процесс трехступенчатой низкотемпературной сепарации с применением рециркуляционной технологии использования ингибитора гидратообразования – метанола (рис. 1). Эффективность процесса десорбции метанола из высококонцентрированного водного раствора, поступающего с концевой ступени сепарации, обеспечивается за счет применения специального аппарата – колонны-десорбера К-1.

АНАЛИЗ ПРОЕКТНОЙ СХЕМЫ

Анализ материально-компонентного баланса системы подготовки газа и конденсата ГКП-22 (рис. 1) позволил установить, что проектная рециркуляционная схема применения метанола имеет ряд недостатков. Первый связан с традиционной для схем трехступенчатой сепарации избыточной концентрацией метанола в низкотемпературном сепараторе [1, 2]. Содержание метанола в водометанольном растворе (ВМР) низкотемпературного сепаратора составляет около 75 мас. %, что выше минимально необходимой концентрации на 10–15 мас. %. С помощью технологического моделирования процесса подготовки конденсатсодержащего газа на ГКП-22 установлено, что избыточная концентрация метанола в ВМР приводит к увеличению потерь метанола на четверть с газом сепарации и примерно в два раза с нестабильным конденсатом (рис. 2). Накопленные массивы данных по зависимости потерь метанола от его концентрации в ВМР С-3 представлены на рис. 2.

Следует отметить, что для снижения потерь метанола с конденсатом проектные решения предусматривали подачу жидкой фазы из промежуточного сепаратора С-2 с концентрацией метанола в ВМР 35–45 % в низкотемпературный разделитель Р-2. Такое техническое решение позволило бы понизить концентрацию метанола в ВМР в низкотемпературном разделителе Р-2, сократить потери метанола с нестабильным конденсатом за счет экстракции ингибитора ВМР. Как следствие, увеличилось бы количество метанола, подаваемого на десорбцию инги-

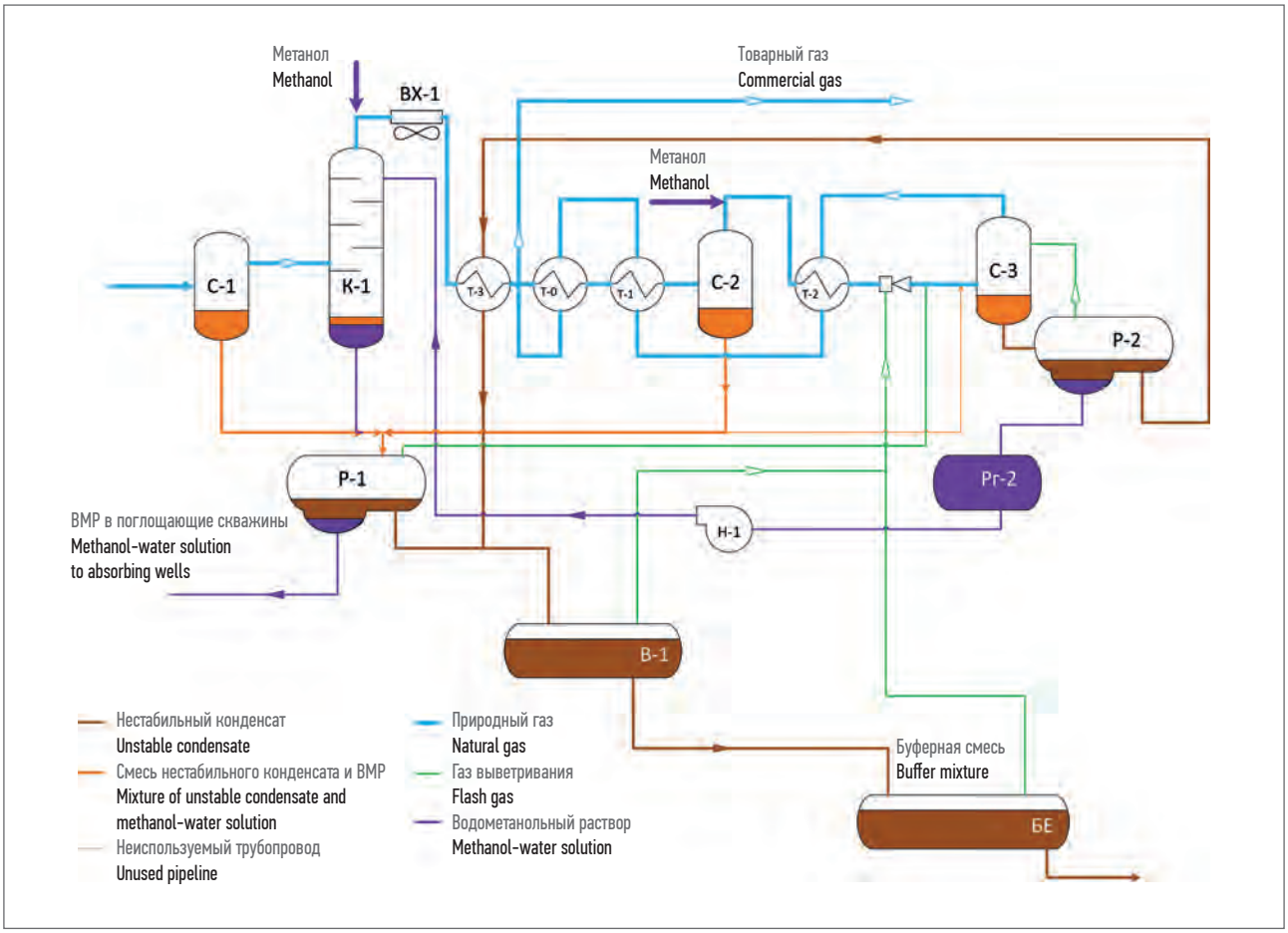


Рис. 1. Схема установки низкотемпературной сепарации ГКП-22: С-1 – входной сепаратор для отделения углеводородного газа от смеси конденсата газового нестабильного (КГН) и воды; К-1 – колонна-десорбер для десорбции метанола пластовым газом из насыщенного ВМР; Т-0, Т-1, Т-2, Т-3 – теплообменники; С-2 – промежуточный сепаратор для дополнительного отделения газа от нестабильного конденсата и ВМР 35–40 мас. %; С-3 – низкотемпературный сепаратор для отделения газа от легкого нестабильного конденсата и ВМР 70–80 мас. %; Р-1 – первичный разделитель для разделения КГН от пластовой воды и газа выветривания; Р-2 – разделитель для отделения КГН от газа выветривания и насыщенного ВМР 70–80 мас. %; Рг-2 – накопительная емкость для ВМР; Н-1 – насос подачи ВМР; В-1 – выветриватель для отделения КГН; БЕ – буферная емкость для КГН

Fig. 1. Scheme of the low-temperature separation unit GKP-22: C-1 – inlet separator for separating hydrocarbon gas from the mixture of unstable gas condensate and water; K-1 – strip column for stripping methanol from the saturated methanol-water solution by reservoir gas; T-0, T-1, T-2, T-3 – heat exchangers; C-2 – intermediate separator for further separation of gas from unstable condensate and methanol-water solution 35–40 wt. %; C-3 – low-temperature separator for separation of gas from light unstable condensate and methanol-water solution 70–80 wt. %; P-1 – primary separator for separating the unstable gas condensate from reservoir water and flash gas; P-2 – separator for separating the unstable gas condensate from flash gas and saturated methanol-water solution 70–80 wt. %; Pr-2 – holding tank for methanol-water solution; H-1 – methanol-water solution feed pump; B-1 – degasser for separation of unstable gas condensate; БЕ – buffer tank for unstable gas condensate

битора в колонну-десорбер К-1, и сократился бы общий расход метанола на установке.

На практике реализовать это техническое решение оказалось невозможно из-за образования гидратов в месте присоединения трубопровода от сепаратора С-2 к разделителю Р-2. Причина этого заключалась в том, что температура гидратообразования потока из сепаратора С-2 составляла –5 °С, в то время как в низкотемпературном разделителе Р-2 температура была около –30 °С. Поэтому была осуществлена подача жидкой фазы из сепаратора С-2 в разделитель Р-1. Это приводило к поглощению метанола из ВМР сепаратора С-2 конденсатом из первичного сепаратора С-1.

В действительности потери метанола на ГКП-22 распределялись следующим образом: 69 % с нестабильным конденсатом; 21 % с газом сепарации; 10 % с водометанольным раствором. Следует отметить, что указанная величина потерь метанола с ВМР избыточна по причине низкой эффективности колонны-десорбера. Ожидаемый рост добычи газа и конденсата на ачимовских установках комплексной подготовки газа (УКПГ) Уренгойского месторождения требует решения задачи по оптимизации расхода метанола при подготовке углеводородной продукции. В первую очередь требовалось

сократить потери метанола с нестабильным конденсатом.

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Для решения поставленной задачи специалистами ООО «Газпром добыча Уренгой» была усовершенствована рециркуляционная технология применения метанола, на которую получено два патента на изобретение. Первое техническое решение основано на подаче жидкой фазы из промежуточного сепаратора С-2 в трубопровод пассивного газа эжектора Э-1 и через эжектор в низкотемпературный сепаратор С-3 (рис. 3). Объем и температура пассивного газа обеспечивают безгидратную транспортировку водной фазы из сепаратора С-2 в эжектор Э-1.

С помощью технологической модели ГКП-22 было установ-

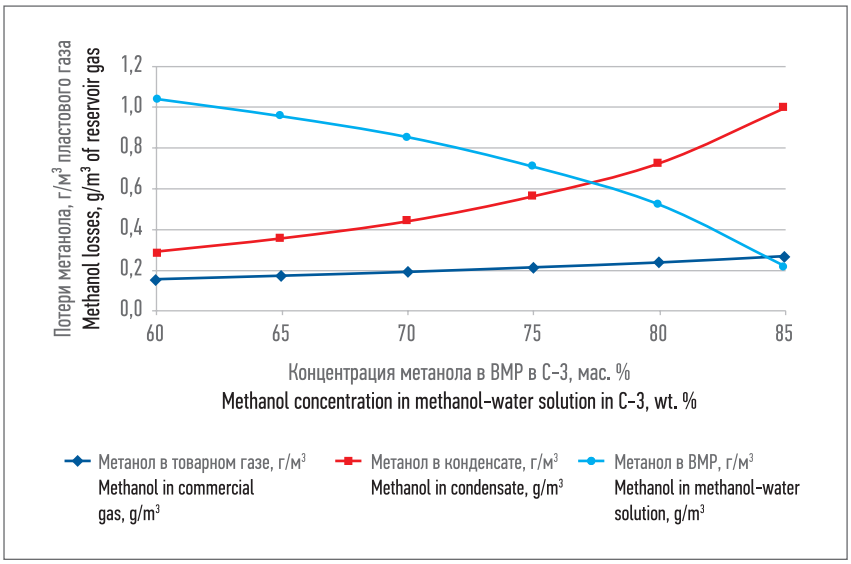


Рис. 2. Изменение потерь метанола с газом сепарации, нестабильным конденсатом и ВМР в зависимости от концентрации метанола в ВМР в низкотемпературном сепараторе при расходе метанола 1,48 г/м³ пластового газа
Fig. 2. Change in methanol losses with separation gas, unstable condensate and methanol-water solution depending on the concentration of methanol in methanol-water solution in the low-temperature separator at methanol consumption of 1.48 g/m³ of reservoir gas

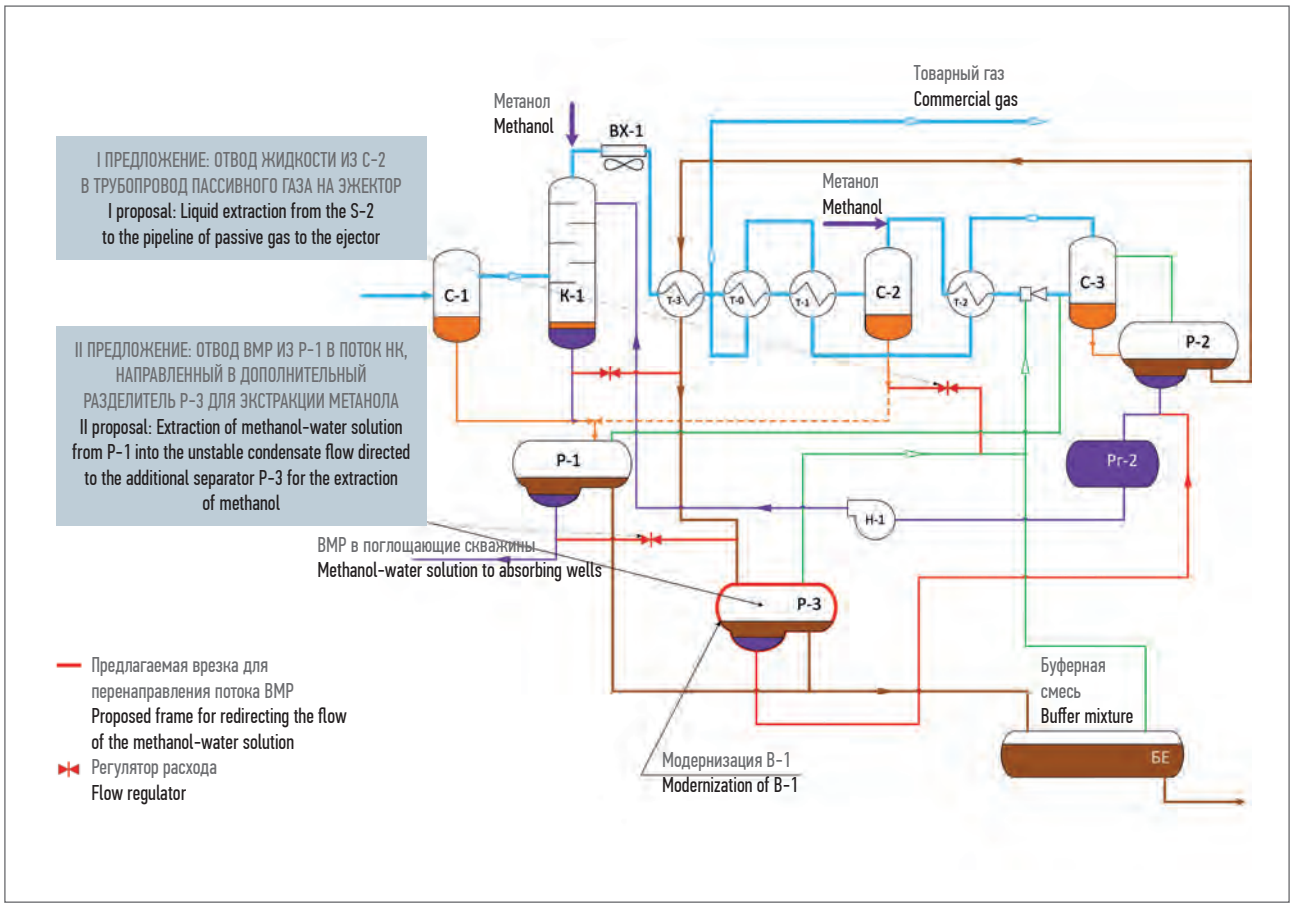


Рис. 3. Усовершенствованная рециркуляционная технология использования метанола на ГКП-22 Уренгойского НГКМ (сокращения и легенда – см. рис. 2)
Fig. 3. Improved recycling technology for the use of methanol at GKP-22 of the Urengoyskoe gas condensate field (abbreviations and legend – see Fig. 2)

Характеристики колонны-десорбера К-1.2 до и после модернизации
Characteristics of the strip column K-1.2 before and after modernization

Параметр Parameter		Паспортные характеристики колонны-десорбера К-1.2 Passport characteristics of the strip column K-1.2	Характеристики колонны-десорбера К-1.2, модернизированной устройствами ООО «Инжехим» Characteristics of the strip column K-1.2 modernized by units of Inzhekhim LLC
Производительность по газу, млн м³/сут Gas production, million m³/day		2,7–5,16	3,7–7,2
Массовая концентрация жидкости в очищенном газе, г/тыс. м³ Mass concentration of liquid in purified gas, g/m³		50	5
Производительность по жидкости (водометанольный раствор) на входе, кг/ч Liquid output (methanol-water solution) at the inlet, kg/h		140–308	305,5–672,1
Производительность по жидкости (водометанольный раствор) на выходе, кг/ч Liquid output (methanol-water solution) at the outlet, kg/h		67,5–270,0	95–380
Концентрация метанола в кубовой части, мас. % Methanol concentration in the bottom part, wt. %		Не нормируется Not standardized	До 4 Up to 4
Давление, МПа Pressure, MPa	технологическое technological	12,16–9,9	12,16–6
	рабочее, не более operational, not more than	13,5	13,5

лено, что за счет подачи жидкой фазы из сепаратора С-2 в сепаратор С-3 происходит понижение концентрации метанола в ВМР до оптимального уровня – 60 мас. %. Вследствие этого часть ингибитора гидратообразования, ранее растворенного в газовой и углеводородной фазах, сорбируется водой. Происходит увеличение количества насыщенного ВМР, используемого для утилизации метанола в колонне-десорбере К-1. Проведенные исследования показали, что наиболее эффективной является подача в трубопровод пассивного газа всего потока жидкой фазы из сепаратора С-2. Реализация первого технического решения позволяет сократить расход метанола на установке на 42 мас. %.

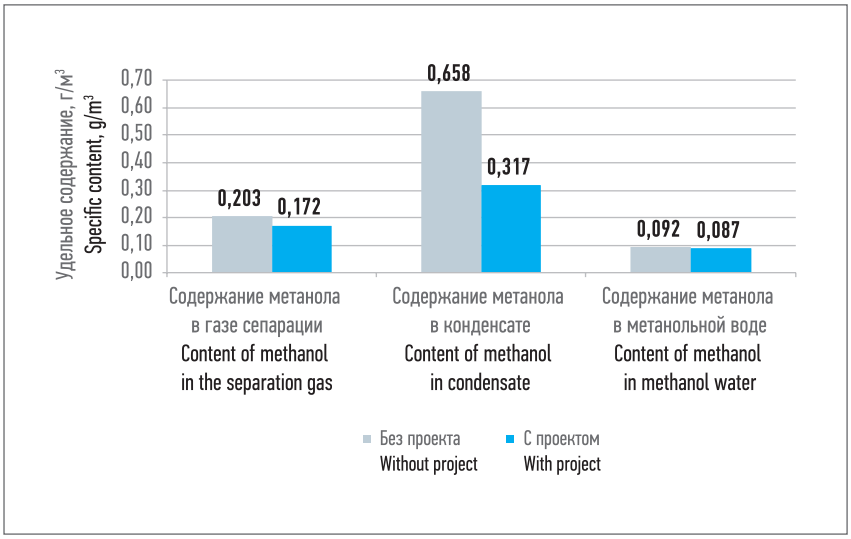


Рис. 4. Изменение уносов метанола на выходе из УКПГ с исходящими потоками (нестабильный конденсат, газ сепарации, метанольная вода)
Fig. 4. Change in methanol carry-over at the outlet from the gas treatment unit with outgoing flows (unstable condensate, separation gas, methanol water)

Второе техническое решение основано на технологии водной экстракции метанола на УКПГ-1В Ямбургского НГКМ и Сургутского завода стабилизации конденсата [5, 6]. В качестве водного поглотителя метанола было предложено использовать пластовую воду из разделителя Р-1, в которой концентрация метанола не превышает 3,0 мас. %. Реализация этого предложения заключается в подаче части водной фазы из разделителя Р-1 в трубопровод транспортировки конденсата от теплообменника Т-3 до разделителя Р-3. Такой аппарат отсутствует в проектной схеме ГКП-22, поэтому прорабатывается вопрос модернизации выветривателя В-1 в трехфазный разделитель Р-3.

После поглощения водой части метанола, содержащегося в нестабильном конденсате, про-

изводится разделение газовой, углеводородной и водной фаз. Полученный в разделителе Р-3 ВМР смешивается с ВМР из разделителя Р-2 и направляется для утилизации ингибитора в колонну-десорбер К-1. Применение этого технического решения позволяет дополнительно сократить расход метанола на 8 мас. %.

На рис. 4 представлены результаты одновременного применения двух технических решений. Суммарно расход метанола на установке сокращается примерно в два раза. В основном эффект достигается за счет сокращения потерь метанола с нестабильным конденсатом.

Невысокая эффективность работы колонны-десорбера К-1 и увеличение количества водометанольного раствора при реализации новых рециркуляционных схем применения метанола потребовали изменить конструкцию

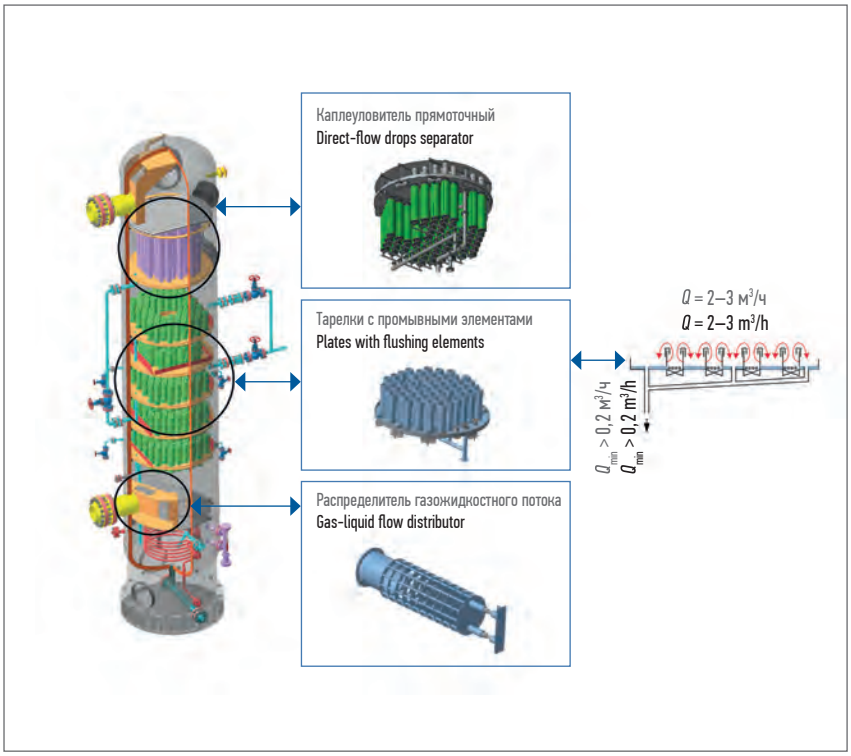


Рис. 5. Схема модернизации колонны-десорбера К-1.2 УКПГ-22
Fig. 5. Scheme of modernization of the strip column K-1.2 UKPG-22

GAZOVAYA PROMYSHLENNOST' ГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

GAS INDUSTRY

Gas Industry journal expands international cooperation and invites authors from different countries to publish scientific articles in English

Gas Industry journal is included in the list of Higher Attestation Commission, "the leading reviewed scientific journals and editions in which the basic scientific results of dissertations on competition of scientific degrees of doctor and candidate of sciences should be published".

General information about the journal:
http://neftegas.info/en/gasindustry/

Main thematic sections:
http://neftegas.info/en/gasindustry/about-magazine/

Submission of manuscripts:
info@neftegas.info, geo-editor@neftegas.info

Founder
Gazprom PJSC

на правах рекламы

этого аппарата. В соответствии с техническим заданием предусматривались повышение производительности, улучшение массообменных и фильтрационных характеристик колонны-десорбера К-1 (см. табл.).

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОЛОННЫ-ДЕСОРБЕРА

В начале 2018 г. выполнена модернизация колонны-десорбера 2-й технологической нитки ГКП-22 (рис. 5).

При модернизации колонны К-1 произведена замена каплеотделителя на распределитель газожидкостного потока. Распределитель представляет собой цилиндрическую конструкцию, разделенную на секции по длине кольцевыми дисками, отверстия которых уменьшаются от патрубка входа газа. За счет диафрагм распределителя обеспечивается равномерное распределение нагрузки на контактные устройства каплеуловителей.

Массообменные тарелки с контактно-сепарационными элементами были заменены на тарелки с промывными элементами (каплеуловитель прямоточный промывной). За счет предусмотренных на тарелке переливных планок устанавливается уровень жидкости, который обеспечивает равномерную подачу ВМР на каждый прямоточный элемент каплеуловителя.

Фильтрационную часть аппарата заменили на каплеуловитель прямоточный комбинированный. Особенностью примененных каплеуловителей является наличие фильтр-патронов, закрепленных снизу опорного полотна под каждым сепарационным элементом. Коалесцирующие элементы имеют металлический каркас из нержавеющей стали и фильтрующий слой из нетканых материалов. Каждый фильтр-элемент имеет патрубок для слива уловленной жидкости.

ВЫВОДЫ

Проведенная модернизация колонны-десорбера К-1 позволила реализовать на ГКП-22 разработанные в ООО «Газпром добыча Уренгой» рециркуляционные технологии использования ингибитора гидратообразования в части подачи жидкой фазы из сепаратора С-2 в сепаратор С-3. Проведенные испытания новой схемы и модернизированного оборудования показали эффективность предложенных технических решений. Концентрация метанола в водном растворе из кубовой части колонны-десорбера К-1 не превышает 4,0 мас. %. Расход метанола сократился на 40 мас. %. Для реализации водной экстракции метанола из конденсата запланирована модернизация выветривателей для преобразования их в трехфазные разделители.

Таким образом, комплекс технических решений по внедрению рециркуляционных схем использования метанола на ГКП-22 позволяет сократить расход ингибитора в два раза. Разработанные технические решения включены в проекты по расширению 2-го опытного участка ачимовских отложений и проектные решения по обустройству III, IV, V ачимовских участков УНГКМ. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурмистров А.Г., Сперанский Б.В., Степанова Г.С. Причины высоких концентраций метанола в низкотемпературном сепараторе УКПГ // Газовая промышленность. 1986. № 4. С. 21–22.
2. Кабанов Н.И. Фазовое распределение и экологические вопросы использования метанола в качестве антигидратного реагента // Подготовка и переработка газа и газового конденсата. М.: ИРЦ Газпром, 1996. С. 19.
3. Патент № 2599157 РФ. Способ подготовки углеводородного газа к транспорту / С.В. Мазанов, А.Ю. Корякин, О.П. Кабанов и др. Заявл. 04.06.2015, опубл. 10.10.2016 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://bankpatentov.ru/node/658573 (дата обращения: 06.06.2018).
4. Патент № 2600141 РФ. Способ подготовки углеводородного газа к транспорту / С.В. Мазанов, А.Ю. Корякин, А.Ю. Неудахин и др. Заявл. 04.06.2015, опубл. 20.10.2016. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.findpatent.ru/patent/260/2600141.html (дата обращения: 06.06.2018).
5. Бурмистров А.Г., Лужкова Е.А., Салихов З.С. и др. Способ повышения эффективности использования метанола при обработке конденсатсодержащих газов // Мат-лы отраслевой науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы и новые технологии освоения месторождений углеводородов Ямала в XXI веке». М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2004. С. 368–375.
6. Бабичевская А.М. Технология очистки легкого углеводородного сырья от примеси метанола (на примере Сургутского завода стабилизации конденсата). Дис. ... к.т.н. Казань, 2010. 17 с.

REFERENCES

1. Burmistrov A.G., Speransky B.V., Stepanova G.S. Causes of High Concentrations of Methanol in the Low-Temperature Separator of the Gas Processing Plant. Gazovaya promyshlennost' = Gas Industry, 1986, No. 4, P. 21–22. (In Russian)
2. Kabanov N.I. Phase Distribution and Environmental Issues of the Use of Methanol as an Anti-Hydrate Reagent. Preparation and Processing of Gas and Gas Condensate. Moscow, Information and Advertising Center Gazprom, 1996, P. 19. (In Russian)
3. Patent No. 2599157 RF. Method of Preparation of Hydrocarbon Gas to Transportation. S.V. Mazanov, A.Yu. Koryakin, O.P. Kabanov, et al. Submit June 04, 2015, published October 10, 2016 [Electronic source]. Access mode: http://bankpatentov.ru/node/658573 (access date: June 6, 2018). (In Russian)
4. Patent No. 2600141 RF. Method of Preparation of Hydrocarbon Gas to Transportation. S.V. Mazanov, A.Yu. Koryakin, A.Yu. Neudakhin, et al. Submit June 4, 2015, published October 20, 2016 [Electronic source]. Access mode: http://www.findpatent.ru/patent/260/2600141.html (access date: June 6, 2018). (In Russian)
5. Burmistrov A.G., Luzhkova E.A., Salikhov Z.S., et al. Method for Improving the Efficiency of Methanol Utilization in the Processing of Condensate-Containing Gases. Materials of the Branch Scientific and Practical Conference "Actual Problems and New Technologies for Developing Yamal Hydrocarbon Deposits in the 21st Century". Moscow, Information and Advertising Center Gazprom LLC, 2004, P. 368–375. (In Russian)
6. Babichevskaya A.M. Technology of Purification of Light Raw Hydrocarbons from the Methanol Impurity (by the Example of the Surgut Condensate Stabilization Plant). Abstract of Cand. Sci. (Eng.) Dissertation. Kazan, 2010, 17 p. (In Russian)