УДК 622.276.344.577

Модернизация входных сепараторов на газовых промыслах сеноманской залежи Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения (часть 2)

В.В. Ефимов
инженер по эксплуатации
оборудования газовых объектов[1]
v.v.efimov-NU@yandex.ru

Д.В. Халиулин
аспирант[2]
d_khaliulin@mail.ru

[1]ООО «Газпром добыча Ямбург»,
Новый Уренгой, Россия
[2]Уфимский Государственный Нефтяной
Технический Университет, Уфа, Россия

В статье рассмотрены вопросы, связанные с конструктивными особенностями внутреннего устройства сепаратора, модернизируемого по проекту ДОАО ЦКБН ОАО «Газпром», кратко представлены принцип функционирования конструктивной схемы сепарации газожидкостной смеси, приведены результаты обследования модернизированного оборудования при опытно-промышленной эксплуатации в промысловых условиях и внутреннего осмотра сепаратора.

Материалы и методы
Метод наблюдения,
прогнозирования и обобщения.

Ключевые слова
добыча и транспорт газа, сепарация,
подготовка природного газа

Сеноманские газоносные залежи характеризуются слабой устойчивостью продуктивных коллекторов к разрушению призабойной зоны эксплуатационных скважин вследствие как фильтрационных деформаций пород, так и внедрения в пласт краевых вод, способствуя превращению сеноманского песчаника в несцементированную смесь песка и глины. Добыча и промысловая подготовка сеноманского газа к дальнему транспорту, особенно на завершающем этапе разработки газовых месторождений, как правило, сопряжены с высокой концентрацией в газожидкостной смеси выносимых через скважины высокоминерализованной жидкости, частиц песка и конденсационной воды, что наряду с высоким уровнем дисперсности капельной жидкости в подаваемом в сепарационное оборудование газожидкостном потоке оказывает негативное воздействие на процесс промысловой очистки газа.

Очистка продукции скважин сеноманской залежи от капельной жидкости и твердой примеси на газовых промыслах Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения осуществляется в параллельно работающих газожидкостных сепараторах с проектными внутренними устройствами проекта ГП 1181.04.01 одноступенчатой установки подготовки газа (УОГ). В настоящей статье рассмотрены вопросы функционирования внутренних устройств сепаратора, модернизированного по проекту ДОАО ЦКБН ОАО «Газпром», приведены их конструктивные особенности и принцип работы [1], а также результаты исследований сепаратора в процессе предварительных испытаний и опытно-промышленной эксплуатации в промысловых условиях и внутреннего осмотра. На основании этих материалов, с учетом отечественного и мирового академического опыта в области сепарации газожидкостных смесей, авторами статьи был проведен анализ и сделаны выводы, отражающие исключительно личное мнение авторов, об эффективности функционирования модернизированного сепарационного оборудования в условиях технологических осложнений промысловой очистки газа на ЯНГКМ.

На рисунке 1 приведена схема модернизированного сепаратора, представляющего собой вертикальный корпус с внутренним диаметром 1800 мм, снабженный двумя патрубками диаметром 426 мм для подвода в аппарат газожидкостной смеси и отвода отсепарированного «сырого» газа, тремя приваренными к обечайке корпуса на разных уровнях люк-лазами диаметром 450 мм, а также патрубками различного назначения с фланцами.

Внутри корпуса последовательно установлены [1]: узел предварительной очистки, включающий в себя тангенциальное входное устройство с отбойной пластиной (2) и смонтированное во входном патрубке устройство с трубой (3) «отсоса» содержимого бункера для сбора жидкости и мехпримеси; узел центробежной очистки с секцией минициклонов типа ГПР 2130 и «промывочной» секцией с центробежными массообменными элементами типа ГПР 2124; секция окончательной очистки газа с комплектом фильтр-патронов типа ГПР 2331.

**Схема сепаратора,
модернизированного по проекту
ДОАО «ЦКБН» ОАО «Газпром»:**

В процессе модернизации из корпуса аппарата удалены все сепарационные устройства проекта ГП 1181.04.01, за исключением тангенциального входного устройства (2), с последующим монтажом модернизируемых внутренних устройств через три люк-лаза.

Над входным тангенциальным устройством к корпусу аппарата приварены элементы двух горизонтальных решеток (5) и (7) с 72-мя концентрическими отверстиями в полотнах под установку между решетками минициклонов (6), закрепленных в решетках посредством сварки. В центральной части верхней решетки (7) выполнен смотровой люк диаметром 400 мм со съемной крышкой. Под секцией минициклонов к корпусу приварены элементы листа (4) с наклоном полотна в сторону тангенциального входного устройства (2). Между концентрическими отверстиями в полотнах наклонного листа (4) и нижней решетки (5) смонтирован и закреплен к полотнам посредством сварки патрубок (13) диаметром 600 мм для подвода газожидкостного потока к минициклонам (6). В замкнутом объеме, ограниченном полотнами листа (4) и решетки (5), обечайкой патрубка (13) и стенкой аппарата, образован бункер для сбора жидкости и мехпримеси, удаление содержимого из которого осуществляется через трубу «отсоса» посредством устройства (3). Над секцией минициклонов к корпусу аппарата приварены сегменты горизонтального полотна с 99-тью отверстиями для установки центробежных массообменных элементов (9). Тарелка оборудована приемным (8) и сливным (12) «карманами» с переливным устройством для создания на полотне слоя жидкости и сливной трубой (10). Над полотном «промывочной» секции к корпусу аппарата

приварены элементы секции окончательной очистки газа, включающие горизонтальное полотно решетки со 162 отверстиями под установку фильтр-патронов (11), кольцо с прижимными балками и труба слива жидкости с полотна секции в кубовую часть аппарата. Фильтр-патроны (11) съемные, фиксируются относительно решетки с помощью прижимных балок и пружин. В нижней части аппарата смонтирован защитный лист (15) в виде усеченного конуса с центральным отверстием.

Газожидкостная смесь с диспергированной в турбулентном потоке капельной жидкостью и твердой примесью через входной патрубок подается в аппарат на отбойную пластину тангенциального входного устройства (2). Наиболее крупные взвешенные в потоке частицы, сепарируются на стенке аппарата под воздействием центробежных сил и под собственным весом в виде жидкостно-песчаной пульпы отводятся в кубовую часть через отверстие в защитном листе (15).

Частично очищенный на отбойной пластине (2) поток через патрубок (13) поступает в пространство между решетками (5) и (7), где, поворачиваясь на 90°, распределяется между миницикланами (6), каждый из которых представляет собой противоточный циклон с корпусом, выхлопной трубой и смонтированным в кольцевом канале между ними завихрителем. Закрученный на завихрителе газожидкостный поток поступает внутрь элемента. Здесь основная часть взвешенных частиц жидкости и твердой примеси отбрасывается под воздействием центробежных сил к стенке, собираясь в жгуты, и под собственным весом вместе с частью газового потока движется вниз. Пройдя по кольцевому каналу между донышком и конусом корпуса, водно-песчаная масса выводится из элемента в бункер для сбора жидкости и мехпримеси, где осаждается и отводится во входной патрубок аппарата через трубу «отсоса» посредством устройства (3). Очищенный от взвешенных частиц поток газа, отразившись от донышка в конусной части корпуса и присоединив к себе отделившуюся от нисходящей спирали часть потока, изменяет направление движения и в виде восходящей спирали через выхлопную трубу выводится из миницикланa, направляясь под полотно «промывочной» секции, к центробежным массообменным элементам (9), где происходит дальнейшая очистка от взвешенных частиц и «промывка» газа от солей.

Центробежный массообменный элемент типа ГПР 2124:

Центробежный массообменный элемент ГПР 2124 состоит из обечайки корпуса (6 на рисунке 2) с опорным фланцем и выполненным в ее стенке разрывом (а), закрытым снаружи сетчатой насадкой (2). В верхней части корпуса (6) закреплен «грибок» каплесъемника (1), а в нижней — корпус оканчивается донышком с закрепленной по оси шпилькой (9). В стенке корпуса под полотном тарелки выполнены профилированные щели тангенциального завихрителя (7), а внутри, в концентрических отверстиях стенки, над полотном тарелки, закреплены расположенные перпендикулярно одна над другой две рециркуляционные трубки. По трубке (5) через прорезь в приосевую зону элемента подводится жидкость, а по трубке (4) в элемент поступает газ рециркуляции. В верхней части трубки (4) закреплена оболочка вытеснителя (3). Центробежные элементы устанавливаются в отверстиях полотна тарелки и крепятся посредством скобы (8), шпильки (9) и гайки.

Закрученный на профилированных щелях завихрителя (7) газожидкостный поток поступает внутрь корпуса (6), обеспечивая через трубку (5) инжекционный ввод жидкости в приосевую зону с поверхности полотна, ее диспергирование и интенсивное перемешивание в турбулентном потоке газовой и жидкостной фаз. В результате контакта капель жидкости с рассекателем (3) на его выпуклой оболочке образуется пленка, движущаяся по ее поверхности под воздействием закрученного потока в виде расширяющейся спирали. Увеличение площади оболочки от оси к периферии и утонение вследствие этого неизменной в объеме жидкостной пленки с последующим ее разрывом на торце рассекателя (3), а также подача в элемент газа рециркуляции способствуют образованию развитой площади интенсивного межфазного контакта газа с жидкостью. Разделение потока на фазы происходит под воздействием центробежных сил с сепарированием жидкости и твердых частиц на внутренней стенке корпуса

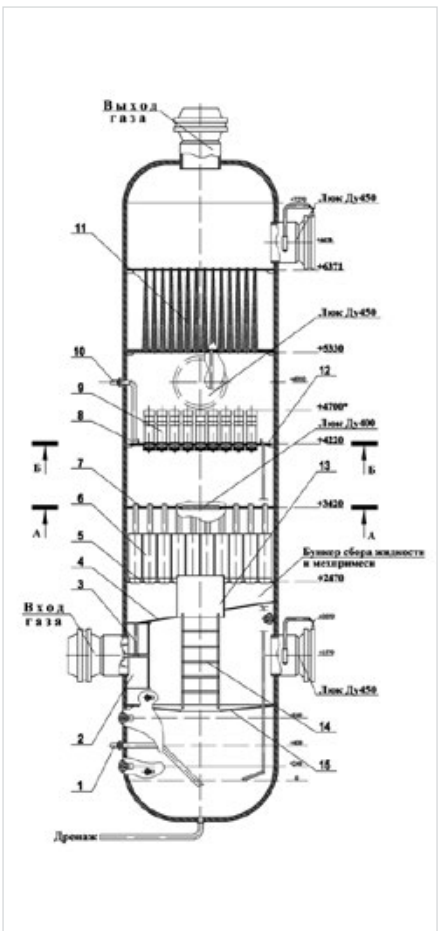


Рис. 1 — Схема сепаратора, модернизированного по проекту ДОАО «ЦКБН» ОАО «Газпром»

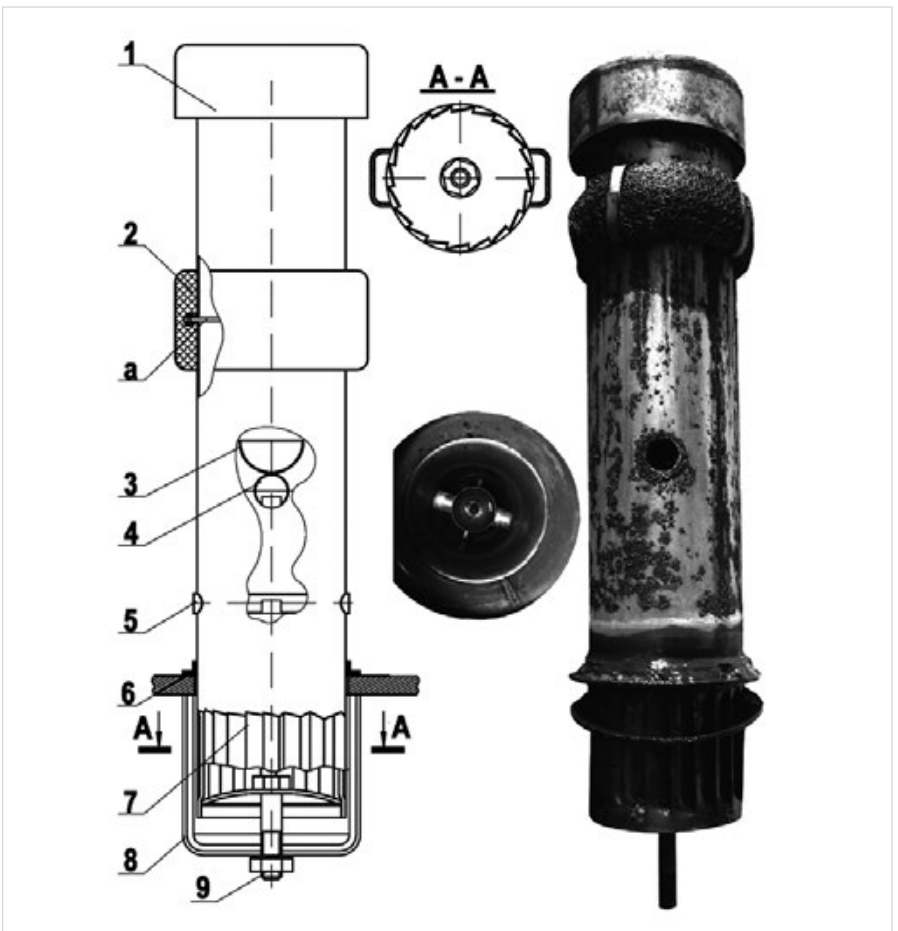


Рис. 2 — Центробежный массообменный элемент типа ГПР 2124

(6), образуя увлекаемое потоком восходящее винтовое течение. Отвод из элемента подготовленного газа производится через центральный канал в пленкосъемнике (1), а жидкостно-песчаной массы с небольшой частью «вторичного» газа — через разрыв (а) и кольцевой канал между корпусом и пленко-съемником. Отводимая из элементов на поверхность полотна «промывочной» секции жидкость, смешиваясь в слое с жидкостью «орошения», повышает ее минерализацию, а механическая примесь, благодаря «барьерам», образует на полотне слой твердых отложений.

Требуемые показатели по концентрации уносимых с отсепарированным газом капельной жидкости и твердой примеси не более 5 мг/нм^3 обеспечиваются секцией окончательной очистки, оборудованной фильтр-патронами (11), каждый из которых представляет собой проволочный каркас в виде усеченного конуса с цилиндрическим наконечником на нижнем основании и заглушкой — на верхнем. На боковую поверхность каркаса намотано расчетное количество слоев фильтрующего материала — технополотна, подкрепленного изнутри отбойником из рукавной сетки. В фильтр-патронах осуществляется окончательная очистка подаваемого по схеме «изнутри — наружу» газа от капельной жидкости и твердых частиц перед выводом «сырого» газа из сепаратора через выходной патрубок.

Отвод жидкости из сливного кармана (12) «промывочной» секции и с полотна секции окончательной очистки производится по сливным трубам самотеком под уровень жидкости в кубовой части аппарата. «Гидравлический затвор» сливных труб обеспечивается поддерживаемый в сборнике кубовой части аппарата уровнем жидкости.

В следующей части статьи приведены результаты анализа воздействия негативных технологических факторов и конструктивных особенностей элементов внутренних устройств на эффективность очистки скважинной продукции в модернизированном сепараторе, дана оценка качества очистки и технического состояния сепарационных устройств на основании результатов замеров рабочих параметров и внутреннего осмотра элементов сепаратора.

В процессе исследований, проводимых согласно «Программы и методики приемосдаточных испытаний оборудования» [2], производились замеры следующих параметров:

- давления и температуры газожидкостной смеси на входе в аппарат;
- перепада давлений на внутренних устройствах сепаратора, включая участок выходного коллектора;
- производительности сепаратора по газу (рекомендованным к использованию на предприятиях ОАО «Газпром» измерителем расхода газа «TURBO FLOW TFG-M»);
- количества сепарируемой на внутренних устройствах жидкости, определяемого как разность показаний уровня накапливаемой в кубовой части за определенный период времени жидкости и подачи в аппарат «промывочной» жидкости за этот же период времени;
- массовой концентрации капельной жидкости в очищенном газе на выходе из сепараторов.

Забегая вперед, отметим, что в процессе предварительных испытаний модернизированного сепаратора и его опытно-промышленной эксплуатации в промысловых условиях значения параметров концентрации уносимой с отсепарированным газом капельной жидкости и перепада давлений на внутренних устройствах превышали предельные регламентированные значения 5 мг/нм^3 и 20 кПа, соответственно. При внутреннем осмотре сепаратора повреждений элементов устройств обнаружено не было, в кубовой части аппарата присутствовало значительное количество твердых отложений, на полотне «промывочной» секции обнаружен незначительный слой твердой примеси 2…3 мм. Результаты осмотра фильтр-патронов (рис. 3).

В процессе исследования нагрузка модернизированного сепаратора по газу увеличивалась последовательной остановкой работающих параллельно аппаратов промысловой установки очистки газа. Значительное (почти двукратное) превышение нагрузки сепараторов с внутренними устройствами проекта ГП 1181.04.01 над расчетным значением производительности по газу вызвало интенсивный «всплеск» суммарного гидравлического сопротивления УОГ, «спровоцировав» тем самым залповый приток из промысловой газосборной сети на вход УКПГ большого объема жидкости. Значительный рост концентрации присутствующей в газожидкостной смеси мелкодисперсной капельной жидкости во входном коллекторе сепараторов вызвал резкий «бросок» уровня жидкости в кубовой части всех работающих в тот момент аппаратов, что сопровождалось скачкообразным ростом (выше 20 кПа) перепада давлений на внутренних устройствах всех сепараторов, в том числе и исследуемого. Концентрация уносимой с отсепарированным в модернизированном сепараторе «сырым» газом капельной жидкости при этом многократно превысила регламентированное значение 5 мг/нм^3.

После снижения нагрузки на сепараторы по газу пуском в работу ранее остановленных аппаратов и прекращения поступления на УКПГ из промысловой газосборной сети больших объемов жидкости, значения перепада давлений на аппаратах с внутренними устройствами проекта ГП 1181.04.01 «вернулись» к прежним значениям. Значения параметров перепада давлений на внутренних устройствах и концентрации уносимой с газом из модернизированного сепаратора капельной жидкости остались повышенными.

Проведем анализ данной ситуации. Повышение перепада давлений на внутренних устройствах, сопровождающееся многократным ростом количества уносимой с газом из модернизированного сепаратора капельной жидкости, связано с многократным ростом жидкостной нагрузки на секцию окончательной очистки газа вследствие «транзита» через узел центробежной очистки (секцию минициклонов и «промывочную» секцию) содержащей частицы твердой примеси газожидкостной смеси. Анализ причин «транзита» через узел центробежной очистки неочищенной смеси будет приведен ниже. Накопление в межволоконном пространстве фильтрующего материала твердых отложений является причиной снижения дренирующей способности технополотна и уменьшения площади фильтрации, что проявилось в наличии остаточного перепада давлений на внутренних устройствах. На рисунках 3 представлены последствия такого «транзита» — накопление отложений крупной фракции твердой примеси на отбойнике из рукавной сетки (а) и загрязнение первых по ходу газа пяти–шести слоев фильтрующего материала отложениями мелкой фракции песка (~90…96%) и придающего загрязнению черный цвет сульфида железа. Многократное увеличение жидкостной нагрузки на секцию окончательной очистки газа в сочетании с загрязнением фильтрующего полотна и связанное с этим накопление [3], [4] в фильтрующей перегородке жидкости привели к сокращению площади сечения для прохода газового потока. При этом рост концентрации уносимой с газом капельной жидкости был вызван повышением в отдельных локальных точках фильтр-патронов линейных скоростей. Повышенный уровень концентрации в «сыром» газе капельной жидкости после снижения жидкостной нагрузки связан с расширением пор [3] фильтрующего материала вследствие повышенного гидравлического сопротивления, что характер но для подачи газа по схеме «изнутри–наружу», и «проскоком» через фильтрующую перегородку частиц капельной жидкости.

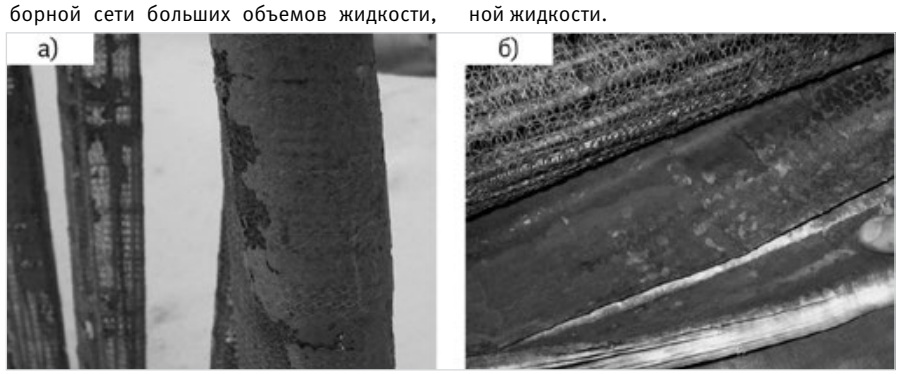


Рис. 3 — Накопление твердых отложений на рукавной сетке отбойника (а) и загрязнение фильтрующего материала мехпримесью (б) фильтр-элементов

Опытно-промышленная эксплуатация модернизированного сепаратора с «намоченными» на предварительных испытаниях фильтр-патронами секции окончательной очистки с подачей в аппарат жидкости орошения сопровождалась дальнейшим снижением производительности аппарата по газу (по показаниям измерителя расхода газа «TURBO FLOW TFG-M»), ростом перепада давлений на внутренних устройствах и высокой концентрацией уносимой с газом из аппарата капельной жидкости.

Эксплуатация сепаратора с демонтированными фильтр-патронами секции окончательной очистки характеризуется относительно низким гидравлическим сопротивлением внутренних устройств, высокими параметрами производительности и относительно низким значением концентрации в отсепарированном газе капельной жидкости. Однако функционирование сепаратора без фильтр-патронов с подачей на «промывочную» секцию жидкости «орошения» сопровождается уносом с отсепарированным газом значительного объема жидкости (более 1000 мг/нм^3). Аналогичная ситуация с ростом концентрации в отсепарированном газе капельной жидкости отмечается и при увеличении на аппарат жидкостной нагрузки во время залпового поступления на УКПГ из промысловой газосборной сети больших объемов жидкости и «всплеску» уровня жидкости в кубовой части всех аппаратов. При этом рост величины уноса жидкости с газом из сепаратора отмечается по колебаниям показаний перепада давлений на его внутренних устройствах, вследствие воздействия на мембрану прибора замера перепада давлений накапливающейся в рабочей камере жидкости, поступающей туда по трубке из выходного коллектора сепаратора. После удаления из камеры прибора жидкости при ее продувке колебания показаний перепада прекращались.

Центробежный массообменный элемент типа ГПР 2124:

Проведем анализа причин «транзита» неочищенной газожидкостной смеси через узел центробежной очистки. Для этого сначала выясним причину уноса жидкости из секции минициклонов на примере приведенного в [5] влияния центробежных сил на распределение концентрации взвешенных в потоке примесей по сечению «батарейного мультициклона» при подводе газожидкостной смеси к минициклонам по схеме «снизу–вверх с последующим поворотом вбок на 90°» (рисунок 4, слева). Итак, вследствие «поджатия» струя газожидкостного потока на входе в пространство между решетками (5 и 7 на рисунке 1) имеет более узкий профиль, нежели во входном патрубке (13), а значит и более высокую скорость, как течения потока, так и движения взвешенных в нем частиц примеси (в том числе и капельной жидкости). В результате инерционного движения основная часть взвешенных в потоке частиц транспортируется через ближние к стенке аппарата ряды минициклонов, хотя распределение несущего их потока по элементам имеет достаточно равномерную картину, поскольку минициклоны обладают сравнительно большим гидравлическим сопротивлением. На рисунке 4 линия (I) отражает картину распределения по сечению аппарата скорости потока, а линия (II) — концентрации взвешенных в потоке частиц. Таким образом, многократное увеличение содержания в подводимом к секции минициклонов потоке капельной жидкости вызывает скопление у стенки аппарата газа с высокой ее концентрацией, «запирая» при этом часть циклонных элементов и увеличивая нагрузку на остальные. С увеличением расхода и связанным с этим ростом в минициклонах скоростей течения создаются условия для «транзита» через секцию больших объемов неочищенной газожидкостной смеси к «промывочной» секции.

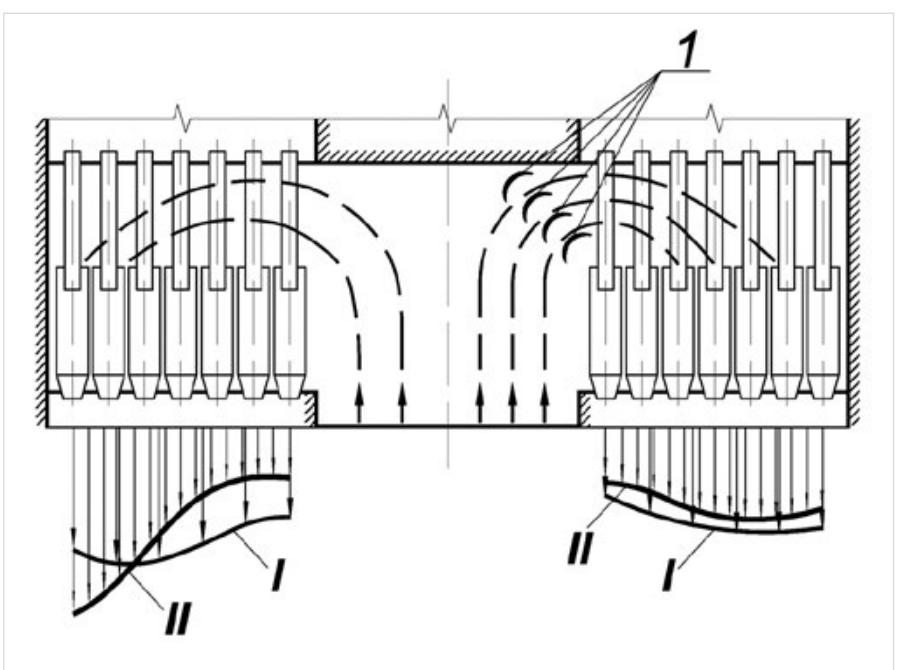


Рис. 4 — Схема распределения скоростей и концентрации пыли в батарейном циклоне

В соответствии с конструктивными особенностями узла центробежной очистки и результатами наблюдений в процессе опытно–промышленной эксплуатации модернизированного сепаратора в промысловых условиях, авторы настоящей статьи пришли к выводу, что «транзит» неочищенной газожидкостной смеси через «промывочную» секцию с ростом жидкостной нагрузки на сепаратор, в том числе и при подаче в аппарат промывочной жидкости, вызван неравномерным распределением потока в поперечном сечении «А–А» (на рисунках 1, 5) по выходу из узла минициклонов, вследствие периферийного расположения их выхлопных патрубков. В центральной части поперечного сечения «А–А» образуется так называемая «теневая» зона «А» (на рисунке 5). Вследствие малого расстояния между полотнами решетки (7 на рисунке 1), по срезу выхлопных патрубков, и полотном тарелки с завихрителями центробежных элементов «промывочной» секции, составляющее ~800 мм, имеет место неравномерное распределения газожидкостного потока в поперечном сечении «Б–Б» аппарата, в центральной части которого образуется «теневая» зона «Б» (на рисунке 5), по размерам соизмеримая с «теневой» зоной «А».

Следствием малых расходов через центробежные массообменные элементы (9 на рисунке 1), расположенные в «теневой» зоне «Б», и связанной с этим «недозакрутки» потока, является снижение эффективности от воздействия центробежных сил в контактно-сепарационных устройствах элементов при сепарировании из потока капельной жидкости и твердых частиц. С образованием на полотне тарелки «промывочной» секции слоя жидкости, будь то повышение жидкостной нагрузки на сепаратор, когда слой образуется при отделении из потока содержащейся в нем капельной жидкости в центробежных массообменных элементах, расположенных в периферийной части тарелки, либо, когда слой жидкости образуется при подаче в аппарат «промывочной» жидкости, в любом из этих случаев поступающая с полотна по трубке (5 на рисунке 2) в приосевую зону центробежных массообменных элементов «теневой» зоны жидкость, диспергируется турбулентным потоком и, образуя на оболочке вытеснителя (3) слой, срывается с торца оболочки в виде мелкодисперсных капель, уносимых из элементов потоком, так как эффекта от воздействия центробежных сил для сепарации жидкости при этом недостаточно. Присутствующая в потоке сепарируемой среды твердая уносится из элементов «теневой» зоны вместе с жидкостью, чем и объясняется загрязнение фильтр-элементов.

Приведем подтверждение связи повышения количества уносимой с отсепарированным газом капельной жидкости с образованием в центральной части поперечных сечений аппарата «А–А» и «Б–Б» «теневых» зон «А» и «Б». В процессе очередного планового обследования сепарационного оборудования УОГ по «всплеску» уровня жидкости в кубовой части всех работающих аппаратов было зарегистрировано поступление на УКПГ из промысловой газосборной сети большого объема жидкости.

Однако, результаты проводимых в этот момент замеров концентрации уносимой из модернизированного сепаратора капельной жидкости прибором ИУ-1 [2] показали, что величина концентрации уносимой капельной жидкости лишь незначительно превышает регламентированное значение 5 мг/нм³. При внутреннем осмотре аппарата было обнаружено отсутствие на штатном месте крышки выполненного в полотне решетки (7 на рисунке 1) смотрового люка Ду400, чем был «обеспечен» равномерный подвод сепарируемой смеси к тарелке с центробежными массообменными элементами (9) по всему поперечному сечению аппарата. Таким образом, значительное снижение концентрации уносимой из модернизированного сепаратора с отсепарированным газом капельной жидкости в условиях повышенной на него жидкостной нагрузки по сравнению с отмеченным ранее высоким уровней (порядка 1000 мг/нм³) свидетельствует об эффективности процесса сепарации при равномерном распределении газожидкостного потока между всеми центробежными массообменными элементами «промывочной» секции.

Необходимо отметить и целый ряд других недостатков модернизированных по проекту ДОАО «ЦКБН» ОАО «Газпром» внутренних устройств. Это, прежде всего, большой объем сварочно-монтажных работ в процессе модернизации сепаратора. Конструктивный недостаток примененных в конструкции «промывочной» секции центробежных массообменных элементов типа ГПР 2124, отмеченные в приведенном анализе конструктивных недостатков центробежных элементов [6]:

- наличие процесса дробления капель жидкости за вытеснителем (3 на рисунке 2),
- наличие процесса дробления капель жидкости при обтекании турбулентным газожидкостным потоком цилиндрических поверхностей трубок (4 и 5).

Конструктивный недостаток модернизированных внутренних устройств, связанный с затруднениями их обслуживания в процессе эксплуатации аппарата: внутреннего осмотра, очистки от отложений, замены и ремонта вышедших из строя элементов, а именно затрудненный доступ персонала к центробежным массообменным элементам. Так, для доступа к скобам и гайкам при необходимости демонтажа центробежным элементов работнику, выполняющему газоопасную работу внутри сосуда и экипированному, согласно «Правил...», страховочным поясом со спасательной сигнальной веревкой, находясь в шланговом противогазе, необходимо проделать следующий путь внутри аппарата. Вход в аппарат через нижний люк Ду450, далее вверх по лестнице (14 на рисунке 1), через тоннель внутри патрубка (13) диаметром 600мм к люку диаметром 400мм в полотне решетки (7), закрытому крышкой, которую необходимо демонтировать, отвернув гайки, и спустить вниз, после чего, протиснуться через люк Ду400, работая в замкнутом пространстве высотой ~800 мм между полотнами решетки (7) и тарелкой «промывочной» секции.

Итоги

Проведя анализ материалов исследований и наблюдений в процессе опытно-промышленной эксплуатации сепаратора с модернизированными внутренними устройствами ДОАО «ЦКБН» ОАО «Газпром» в промысловых условиях Ямбургского месторождения, в том числе их конструктивных особенностей, объемов и сроков модернизации, условий обслуживания, технического состояния устройств после воздействия «негативных» факторов и др., с учетом отечественного академического опыта в области сепарирования газожидкостных смесей [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], авторами настоящей статьи были сделаны следующие выводы.

Выводы

Необходимо отметить удачное конструктивное сочетание тангенциального входного устройства с отбойной пластиной и проектного решения полотна с центральным патрубком, обеспечивающее эффективную очистку газа в кубовой части от крупно фракционных частиц твердой примеси. Несмотря на целый ряд выявленных в процессе опытно-промышленной эксплуатации аппарата недостатков авторами статьи предложены мероприятия, направленные на повышение эффективности процесса промысловой очистки газожидкостной смеси в модернизированном сепараторе. Ниже приведены некоторые из них.

Минимизации влияния «транзита» неочищенной газожидкостной смеси через секцию минициклонов можно добиться [5], если в месте поворота содержащего частицы капельной жидкости и твердой примеси газожидкостного потока между решетками (5 и 7 на рис. 1) установить направляющие лопатки (1 на рисунке 4, справа). Это позволит обеспечить, во-первых, более равномерное распределение скоростей потока в сечении аппарата на входе в минициклоны и соответствующее снижение скорости взвешенных в потоке частиц примеси, а, во-вторых, позволит более равномерно распределить взвешенную в потоке примесь между всеми циклонными элементами. При этом характеристики распределения скорости потока (I) и концентрации примеси (II) будут почти идентичны.

С целью минимизации уносов жидкости из «промывочной» секции предлагается исключить из конструкции тарелки центробежные массообменные элементы, расположенные в «теневой» зоне «Б» на рисунке 5, что также позволит повысить уровень безопасности производства при обслуживании аппарата, так как на месте исключенных элементов станет возможным исполнение в полотне тарелки технического люка диаметром 450мм. При этом для удобства работы персонала крышка технического люка Ду400 в центральной части решетки (7) должна откидываться в сторону «промывочной» секции.

Список используемой литературы

1. Пигарев А.А., Толстов В.А., Немцов М.В., Соколов В.А., Кудояр Ю.А., Малышкин М.А. Новое оборудование для очистки природного газа перед промысловой ДКС на Ямсовейском месторождении // Газовая промышленность. 2001. № 1. С. 79–81.
2. Ланчаков Г.А., Кульков А.Н., Зиберт Г.К.

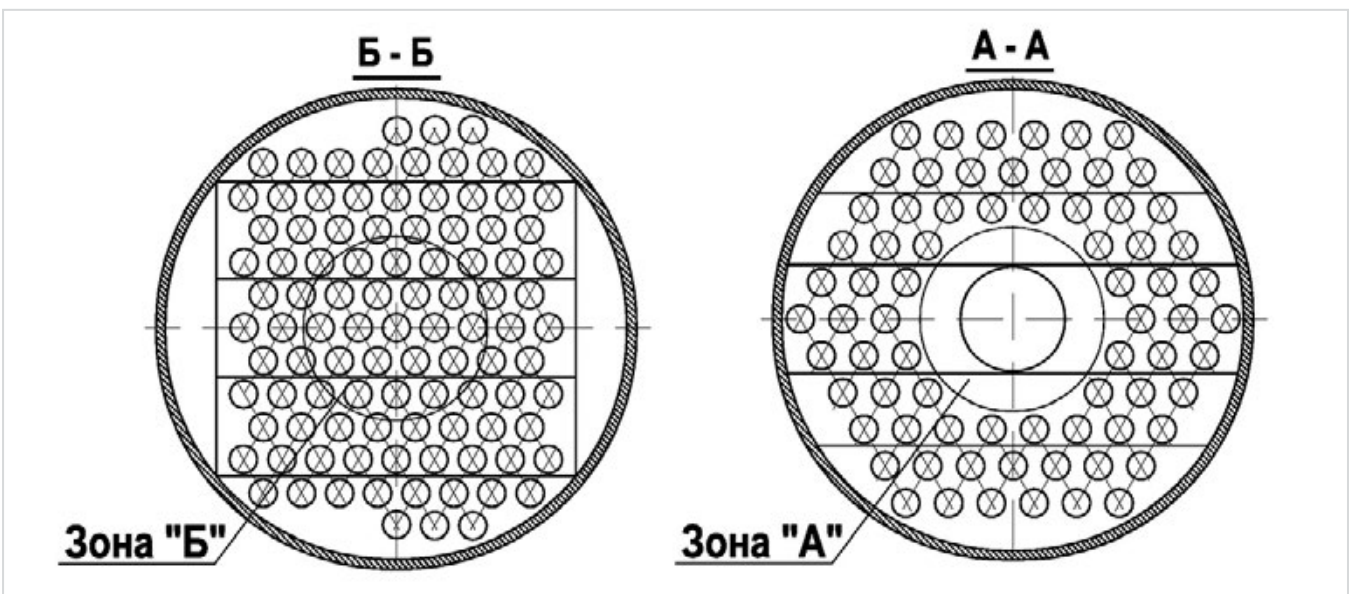


Рис. 5 — Центральная часть поперечного сечения, в которой образуется так называемая «теневая» зона

Технологические процессы подготовки природного газа и методы расчета оборудования. М.: ООО Недра-Бизнесцентр, 2009. 279 с.
3. Каспарянц К.С., Кузин В.И., Григорян Л.Г. Процессы и аппараты для объектов промысловой подготовки нефти и газа. М.: Недра, 1977. 254 с.
4. Мильштейн Л.М., Бойко С.И., Запорожец Е.П. Нефтегазопромысловая сепарационная техника. М.: Недра, 1992. 236 с.
5. Идельчик И.Е. Аэродинамика технологических аппаратов. М.: Машиностроение, 1983. 351 с.
6. Зиберт А.Г., Зиберт Г.К., Валиуллин И.М. Совершенствование оборудования с прямоточными центробежными элементами // Газовая промышленность. 2008. № 9. С. 72–74.
7. Синайский Э.Г., Лапига Е.Я., Зайцев Ю.В. Сепарация многофазных многокомпонентных систем. М.: ООО Недра – Бизнес центр, 2002. 621 с.
8. Гиматудинов Ш.К., Шировский А.И. Физика нефтяного и газового пласта. Учебник для вузов. Изд. 3-е перераб. и доп. М.: Недра, 1982. 311 с.
9. Бекиров Т.М., Шаталов А.Т. Сбор и подготовка к транспорту природных газов. М.: Недра, 1986. 261 с.
10. Ефимов В.В., Халиулин Д.В. Модернизация входных сепараторов на газовых промыслах сеноманской залежи Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения (часть 1) // Экспозиция Нефть Газ. 2013. №1. С. 11–15.

ENGLISH **GAS INDUSTRY**

Upgrade of inlet separators at the Senomantsky gas fields of Yamburg oil and gas deposits (part 2)

UDC 622.276.344.577

Authors:
Vladimir V. Efimov — exploitation engineer of gas objects equipment[1]; v.v.efimov-NU@yandex.ru
Khaliulin V. Damir — post-graduate student[2], oil and gas production operator[1]; d_khaliulin@mail.ru

[1]Gazprom dobycha Yamburg LLC, Noviy Urengoy, Russian Federation
[2]Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

Abstract
The given article continues [10] considers the issues, connected with the construction peculiarities of the inner part of the separators, upgraded according to the Central Construction Bureau of Oil and Technologies of the Subsidiary of the Open Joint Stock Company "Gazprom". A concise functional principal of each scheme of a gas-liquid mixture separation is also given in the presented article as well as the results of the inspection of the upgraded equipment during its' test exploitation in the production process and the results of the separators' inside inspection.

Materials and methods
Observation, forecasting, generalization.

Results
With an analysis of the studies and observations during the trial operation of the separator with upgraded internals CKBN Gazprom in field conditions Yamburg field, including their design, scope and terms of modernization, terms of service, the technical condition of the device, after the impact of "negative" factors, and others, taking into account domestic academic experience in the field of separation of liquid mixtures [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], the authors of this article the following conclusions.

Conclusions
It should be noted successful constructive combination of tangential inlet device with sliding door stop plate and the web design solution with a central pipe that provides effective cleaning of the gas in the liquid waste from the largest faction of the particles of solid impurities. Despite a number of issues identified during pilot production unit deficiencies Contributor proposed measures aimed at strengthening the commercial cleaning liquid mixture in the upgraded separator. The following are some of them. Minimizing the impact of "transit" raw liquid mixture through a section minitsiklonov can achieve [5], if in turn containing particles of liquid drops and solids-liquid flow between the bars (5 and 7 in Figure 1) to guide vanes (1 in Figure 4, right). This will ensure, first, a more even distribution of the flow velocity in the cross section at the inlet of the device minitsiklony and corresponding reduction in the flow velocity of suspended particles of impurities, and, secondly, to allow more evenly balanced in the flow of admixture between all elements of cyclone. At the same characteristics of the distribution flow rate (I) and the concentration of impurities (II) are almost identical.
In order to minimize entrainment of liquid from the "wash" section proposed to be deleted from the construction of dish centrifugal mass transfer elements located in the "shadow" zone "B" in Figure 5, which will also enhance the safety of production for maintenance staff as well as on-site elements will be excluded Design options for the leaf plates technical manhole diameter 450mm. In this case, for the convenience of staff cover technical DN400 hatch in the central part of the lattice (7) must be folded into a "wash" section.

Keywords
gas production and transportation, hydrate, natural gas preparation

References
1. Pigarev A.A., Tolstov V.A., Nentsov M.V., Sokolov V.A., Kudoyar Yu.A., Malyshkin M.A. *Novoe oborudovanie dlya ochistki prirodnogo gaza pered promyslovoj DKS na Yamsovejskom mestorozhdenii* [New equipment for natural gas purification placed before the booster compressor station and used at the Yamsoveysk gas field]. *Gazovaya Promyshlennost'*, 2008, issue 1, pp. 79–81.
2. Lanchakov G.A., Kulkov A.N., Zibert G.K. *Tekhnologicheskie protsessy podgotovki prirodnogo gaza i metody rascheta oborudovaniya* [The technological processes of natural gas preparation and methods of calculating the parameters of the preparatory equipment]. Moscow: *Nedra-Business Center ltd.*, 2009, 279 p.
3. Kasparyantz K.S., Kuzin V.I., Grigoryan L.G. *Protsessy i apparaty dlya ob"ektov promyslovoj podgotovki nefti i gaza* [Processes and apparatuses for the objects of field oil and gas preparation]. Moscow: *Nedra*, 1997, 254 p.
4. Milshtein L.M., Boyko S.I., Zaporozhets Ye.P. *Neftegazopromyslovaya separatsionnaya tekhnika* [The separation equipment used in oil and gas production]. Moscow: *Nedra*, 1992, 236 p.
5. Idelchik I.E. *Aehrodinamika tekhnologicheskikh apparatov* [Aerodynamics of the technological apparatuses]. Moscow: *Mashinostroyeniye*, 1983, 351 p.
6. Zilbert A.G., Zilbert G.K., Valiullin I.M. *Sovershenstvovanie oborudovaniya s pryamotochnymi tsentrobezhnymi ehlementami* [Upgrade of the equipment with the strait current centrifugal elements]. *Gazovaya Promyshlennost'*, 2008, issue 9, pp. 72–74.
7. Sinaysky E.G., Lapiga Ye.Ya., Zaytsev Yu.V. *Separatsiya mnogofaznykh mnogokomponentnykh sistem* [Separation of multiphase and multicomponent systems]. Moscow: *Nedra-Business Center ltd.*, 2002, 621 p.
8. Gimatutdinov Sh.K., Shirovsky A.I. *Fizika neftyanogo i gazovogo plasta. Uchebnik dlya vuzov. Izd. 3-e pereab. i dop.* [Oil and gas formation physics. Reference book for University Students. 3-nd edition, rev. and enlarged]. Moscow: *Nedra*, 1982 311 p.
9. Bekirov T.M., Shatalov A.T. *Sbor i podgotovka k transportu prirodnykh gazov* [Gathering and pre-transportation preparation of natural gas]. Moscow: *Nedra*, 1986, 261 p.
10. Efimov V.V., Khaliulin D.V. *Modernizatsiya vkhodnykh separatorov na gazovykh promyslakh senomanskoy zalezhi Yamburgskogo neftegazokondensatnogo mestorozhdeniya (chast' 1)* [Upgrade of inlet separators at the senomantsky gas fields of yamburg oil and gas deposits (part 1)]. *Exposition Oil Gas*, 2013, issue 1, pp. 11–15.