

ПАО «ГАЗПРОМ»

ООО «ГАЗПРОМ ДОБЫЧА ЯМБУРГ»

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАНОЛА ИЗ
НЕСТАБИЛЬНОГО ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА НА УСТАНОВКАХ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СЕПАРАЦИИ ГАЗА ЗАПОЛЯРНОГО
НГКМ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

**О.В. Зуев, В.И. Софранков, А.В. Уткин, С.П. Железный,
Д.И. Датков**

Работа на соискание Общественной Премии МТЭА им. Н.К. Байбакова
в 2022 году



г. Новый Уренгой – 2022

| п.п. | Фамилия, имя, отчество | Ученая степень | Должность |
|-------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------|
| 1 | Зуев О.В. | - | Начальник УКПГ-1В филиала НГДУ |
| 2 | Софранков В.И. | - | Начальник САП (ЗМ) филиала УАиМО |
| 3 | Уткин А.В. | - | Ведущий инженер АУ ПТО филиала НГДУ |
| 4 | Железный С.П. | - | Ведущий инженер-программист САП (ЗМ) филиала УАиМО |
| 5 | Датков Д.И. | - | Инженер-программист 1 категории САП (ЗМ) филиала УАиМО |

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1.1. Актуальность работы | 4 |
| 1.2. Постановка задачи | 6 |
| 1.3. Пути решения проблемы..... | 7 |
| 1.4. Основной результат работы..... | 8 |
| 1.5. Практическая ценность работы..... | 8 |
| 2. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО ПРОМЫСЛА ЗАПОЛЯРНОГО НГКМ..... | 9 |
| 2.1. АСУ ТП УКПГ | 9 |
| 3. РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ МАКСИМАЛЬНОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЕТАНОЛА ИЗ НЕСТАБИЛЬНОГО ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА..... | 13 |
| 3.1. Модернизация технологической схемы | 14 |
| 3.2. Блок виртуального расходомера | 18 |
| 3.3. Блок определения концентрации ВМР..... | 23 |
| 3.4. Автоматизация процесса извлечения метанола из НГК..... | 29 |
| 3.5. Комплекс технологических защит..... | 33 |
| 4. ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАЧ, РЕШАЕМЫХ НА УРОВНЕ АСУ ТП ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО ПРОМЫСЛА..... | 36 |
| 5. ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАНОЛА ИЗ НЕСТАБИЛЬНОГО ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА..... | 39 |
| Заключение: | 48 |
| Список используемой литературы | 49 |
| Приложение..... | 51 |

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Актуальность работы. В апреле 2011 года «Газпром» ввел в эксплуатацию первый промысел по добыче газа и газового конденсата – 2В из валанжинских залежей Заполярного нефтегазоконденсатного месторождения (ЗНГКМ).

В состав промысла 2В входят: установка комплексной подготовки газа и газового конденсата к дальнему транспорту (УКПГ-2В) и 10 кустов, в которые входит 61 скважина. Производительность промысла — около 6,5 млрд. м³ газа и 1,3 млн. тонн газового конденсата в год.

В октябре 2012 года введен в эксплуатацию второй промысел по добыче газа и газового конденсата – 1В.

В состав промысла 1В входят: установка комплексной подготовки газа и газового конденсата к дальнему транспорту (УКПГ-1В) и 14 кустов, в которые входят 79 скважин. Производительность промысла — около 9,5 млрд. м³ газа и 1.9 млн. тонн газового конденсата в год.

В 2013 году ЗНГКМ выведено на полную проектную мощность — 130 млрд. м³ газа и 3,29 млн. тонн газового конденсата в год. В настоящее время это месторождение является одним из самых крупных по объему подготавливаемого газа и газового конденсата в России.

Для промысловой подготовки газового конденсата на промыслах 1В и 2В ЗНГКМ используют процессы низкотемпературной сепарации (НТС). Весь процесс НТС сводится к охлаждению природного газа с последующим разделением газоконденсатной смеси в сепараторе на жидкую и газовую фазы. Охлаждение газа на УКПГ производится за счет использования его избыточного давления при срабатывании давления газа на дросселях или турбодетандерных агрегатах. При дросселировании газа, в зависимости от состава, происходит его охлаждение на 3–4,5 °С на перепаде давления в 1 МПа [1].

Транспорт сырого газа по газосборным шлейфам от кустов скважин до УКПГ, а также протекание технологического процесса НТС сопровождается

потерями давления и, как следствие этого, – снижением температуры. При температурах ниже температуры гидратообразования происходит образование кристаллогидратов – комплексных соединений углеводородов с молекулами воды, создающих плотные гидратные пробки в трубопроводах в виде снега или льда, из-за чего снижается производительность газопромысловых объектов – скважин и УКПГ. Исследования, а также опыт эксплуатации показали, что весь период разработки ЗНГКМ будет характеризоваться жестким гидратным режимом и, следовательно, в течение всего периода его эксплуатации будет существовать необходимость предупреждения образования гидратов в газосборных шлейфах, на технологическом оборудовании УКПГ.

Известны следующие методы борьбы с гидратами и предупреждения гидратообразования:

- осушка газового потока от влаги за счет абсорбции или низкотемпературной сепарации с понижением точки росы по воде ниже минимальной технологической температуры, что исключает конденсацию паров воды и образование гидратов;

- ввод в газосборный поток ингибиторов гидратообразования – спиртов и электролитов;

- поддержание температуры газового потока выше температуры гидратообразования;

- поддержание давления потока ниже давления гидратообразования при заданной температуре.

Из вышеперечисленных методов наиболее широкое распространение в системах добычи и сбора газа ЗНГКМ нашел метод ввода ингибитора в поток газа, в качестве которого используется метанол.

Затраты, связанные с предупреждением образования гидратов, в условиях Крайнего Севера весьма значительны. Поэтому при управлении процессом предупреждения гидратообразования весьма актуальной становится задача определения оптимального расхода ингибитора, так как его

перерасход приводит к неоправданным материальным затратам, а неразумная экономия может стать причиной серьезной аварии, ликвидация которой обойдется значительно дороже, чем в случае неэкономного расхода метанола.

Несмотря на значительный опыт использования метанола для предупреждения гидратообразования на ЗНГКМ в настоящее время существует проблема, связанная с невозвратными его потерями на производстве.

Проведенный анализ материально-компонентного баланса подготовки пластового газа в УКПГ для ачимовских отложений показал, что основное количество расходуемого метанола, который используют в качестве ингибитора на Севере (около 69%) теряется с НГК [2]. Поэтому сокращение потерь метанола является одной из основных задач при подготовке газа и газового конденсата к дальнему транспорту на УКПГ, требующей своего неотлагательного решения и является актуальной задачей.

1.2. Постановка задачи. Для снижения потерь метанола, уносимого НГК, стараются добиться его максимальной отмывки из НГК, который накапливается в разделителе жидкостей (РЖ) последней ступени сепарации УКПГ. С этой целью, учитывая хорошую растворимость метанола в воде, производят его отмывку водометанольным раствором (ВМР) с низкой концентрацией, получаемым при первичной очистке газожидкостной смеси на УКПГ. Для этого ВМР с низкой концентрацией из РЖ первой ступени сепарации направляют на вход РЖ последней ступени сепарации, в котором происходит разделение получаемого ВМР и НГК путем отстоя под действием силы тяжести (из-за разницы плотностей указанных компонентов). Выделенный ВМР направляют на регенерацию для возвращения в технологию подготовки газа и газового конденсата к дальнему транспорту, а НГК - в МКП.

Однако эффективность этого технологического процесса зависит от правильного определения расхода ВМР низкой концентрации, необходимого для полного растворения метанола, поступающего вместе с газоконденсатной смесью в РЖ последней ступени сепарации. Фактически необходимо определить точку насыщения ВМР, получаемого на выходе РЖ последней ступени сепарации, проходя которую увеличение расхода ВМР низкой концентрации с первой ступени сепарации в РЖ последней ступени сепарации уже не ведет к повышению количества отмытого из НГК метанола в ВМР, который отводится из РЖ последней ступени сепарации установки на регенерацию.

Определение этого момента необходимо, т.к. избыточный расход ВМР низкой концентрации, подаваемого из РЖ первой ступени сепарации газа в последнюю ступень сепарации будет вести лишь к повышению затрат энергии на регенерацию метанола, а недостаточная его подача приведет к невосполнимым потерям метанола из-за уноса вместе с НГК.

Поэтому, в настоящее время, повышение эффективности работы УКПГ - повышение качества НГК, подаваемого в магистральный конденсатопровод (МКП), минимизация потерь метанола, уносимого с НГК, снижение энергозатрат на ведение технологического процесса регенерации метанола, являются одними из основных задач при подготовке газа и газового конденсата к дальнейшему транспорту на УКПГ.

1.3. Пути решения проблемы. Поставленная задача успешно решается путем усовершенствования технологической схемы и внедрения инновационных методов для модернизации процесса подготовки газа и газового конденсата к дальнейшему транспорту при оптимизации процесса извлечения метанола из НГК на УКПГ-1В ЗНГКМ, эксплуатируемого ООО «Газпром добыча Ямбург».

1.4. Основной результат работы состоит в усовершенствовании технологической схемы, разработки и внедрении в АСУ ТП УКПГ-1В метода оптимизации извлечения метанола из НГК при ведении технологического процесса на установке с соблюдением технологических норм и ограничений, предусмотренных ее технологическим регламентом [3,4,5].

В процессе решения этой проблемы авторами получены следующие наиболее **существенные результаты**:

- в реальном масштабе времени при различных режимах работы УКПГ автоматически поддерживается максимальный уровень отмывки метанола из НГК, при ведении технологического процесса на установке с соблюдением технологических норм и ограничений, предусмотренных ее технологическим регламентом;

- значительно сокращены потери метанола на УКПГ;

- существенно повышено качество подаваемого НГК в МКП;

- снижены энергозатраты на ведение технологического процесса регенерации метанола на УКПГ.

1.5. Практическая ценность работы. Предложенные методы были внедрены на газоконденсатном промысле УКПГ-1В. В процессе эксплуатации, используемый метод извлечения метанола из нестабильного газового конденсата, показал свою высокую эффективность. Экономический эффект от использования инновационного метода извлечения метанола в 2021 году составил 2 220 929 рублей.

С учетом вышесказанного, предложенные инновационные методы можно с успехом рекомендовать для широкого использования и на других действующих и вновь осваиваемых НГКМ РФ.

2. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО ПРОМЫСЛА ЗАПОЛЯРНОГО НГКМ

АСУ ТП газоконденсатного промысла 1В Заполярного НГКМ включает в свой состав:

1. АСУ ТП УКПГ;
2. Систему телемеханики кустов газовых скважин (СТМ КГС);
3. Автоматизированную систему пожарной сигнализации, контроля загазованности и пожаротушения (АСПС КЗ и ПТ);
4. Автоматизированную систему управления энергоснабжением (АСУЭ);
5. Систему коммерческого учета природного газа и нестабильного газового конденсата и другие вспомогательные системы.

Ниже приведена структура и описан состав АСУ ТП УКПГ, так как предложенные инновационные методы были реализованы на базе именно этой системы.

1.1. АСУ ТП УКПГ

АСУ ТП УКПГ предназначена для целенаправленного автоматизированного контроля и управления в реальном масштабе времени основными и вспомогательными технологическими процессами УКПГ.

Структурная схема АСУ ТП УКПГ приведена на рис.1.

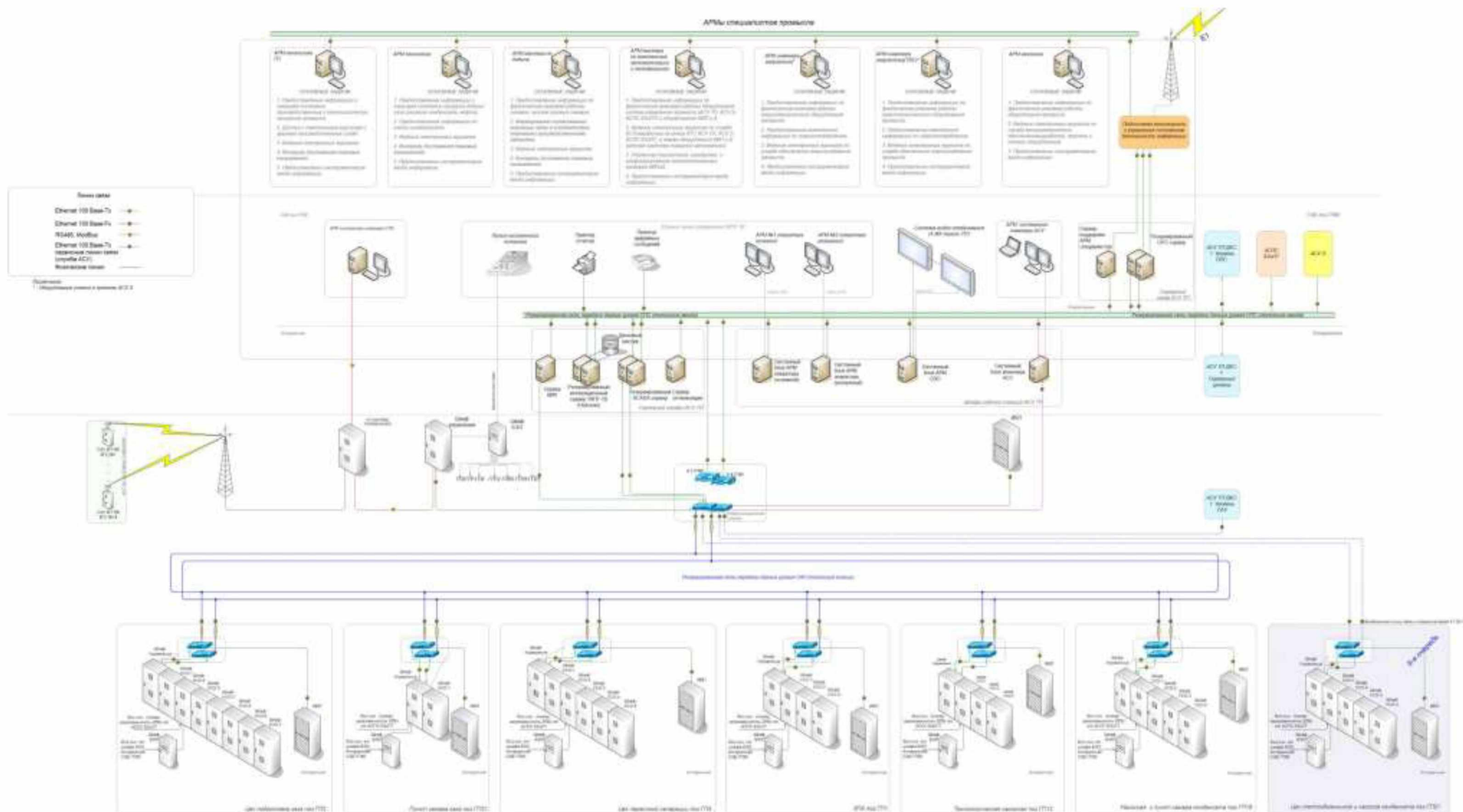


Рис. 1. Структурная схема АСУ ТП газоконденсатного промысла 1В Заполярного НГКМ

АСУ ТП УКПГ включает в свой состав:

- подсистему управления технологическим оборудованием;
- подсистему противоаварийной защиты, включающей в себя:
 - функционально выделенную систему противоаварийной автоматической защиты, реализованной на программно-технических средствах подсистемы управления оборудованием основной технологии;
 - аппаратно-выделенную систему экстренного останова, реализованную на базе релейной логики без участия программно-логических контроллеров с инициализацией запуска от кнопки на пульте.
- подсистему ввода и дозирования метанола.

АСУ ТП УКПГ осуществляет полнофункциональное информационное взаимодействие со смежными системами, реализованными, в силу специфики выполняемых ими функций, на базе выделенного программно-технического комплекса.

Вышестоящей системой управления для АСУ ТП УКПГ является существующая информационная управляющая система диспетчерского управления (ИУС ДУ) ООО "Газпром добыча Ямбург".

АСУ ТП УКПГ включает в себя два взаимосвязанных между собой уровня:

- верхний уровень – уровень оперативно-производственной службы, в составе которого осуществляется:
 - управление производственными процессами (специалисты УКПГ);
 - оперативное управление технологическими процессами (оперативный персонал);

– нижний уровень – уровень систем автоматического управления технологических установок, цехов, блоков, входящих в состав УКПГ-1В.

В состав оборудования специалистов оперативно-производственной службы промысла входят: АРМ начальника ГП; АРМ технолога; АРМ мастера по добыче; АРМ мастера по комплексной автоматизации и телемеханики; АРМ инженера энергетика; АРМ механика.

Оборудование оперативного персонала включает в себя:

- автоматизированные рабочие места:
 - АРМ №1 оператора основной (два монитора);
 - АРМ №2 оператора резервный (два монитора);
 - АРМ системного инженера СТМ (оборудование проекта СТМ УКПГ-1В Заполярного НГКМ);
 - АРМ системного инженера АСУ (два монитора и переносная станция);
 - система видеоотображения (4 ЖК панели 70”);
 - пульт экстренного останова и др. вспомогательное оборудование.

Оперативному персоналу предоставляется информация о ходе технологических процессов, и предоставляются возможности управления в объеме должностных обязанностей.

Производственному персоналу предоставляется необходимая информация для выполнения соответствующих должностных обязанностей.

На АРМах операторов отображаются: текущий режим работы оборудования, предаварийные и предупредительные сообщения системы при отклонениях параметров за допустимые границы, диагностическая информация о работоспособности комплекса технических средств, тренды и отчеты установленной формы с выводом на печать.

2. РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ МАКСИМАЛЬНОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЕТАНОЛА ИЗ НЕСТАБИЛЬНОГО ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА

Для снижения потерь метанола, стараются добиться его оптимального извлечения из НГК, который накапливается в РЖ последней ступени сепарации УКПГ. С этой целью, учитывая хорошую растворимость метанола в воде, необходимо производить его отмывку водометанольным раствором (ВМР) с низкой концентрацией, получаемым при первичной очистке газожидкостной смеси на установке. Для этого ВМР с низкой концентрацией из РЖ первой ступени сепарации направляют на вход РЖ последней ступени сепарации, в котором происходит разделение получаемого ВМР и НГК путем отстоя под действием силы тяжести (из-за разницы плотностей указанных компонентов).

В процессе работы над решением поставленной задачи группой сотрудников ООО «Газпром добыча Ямбург», на УКПГ 1В, были решены ряд промежуточных задач:

- выполнена модернизация технологической схемы;
- произведена установка расходомера на линии подачи низкоконцентрированного ВМР из РЖ первой ступени сепарации (10Р-1) в конечный РЖ (20Р-3);
- разработана методика определения концентрации ВМР;
- на базе АСУ ТП разработана методика определения и поддержания оптимального расхода низкоконцентрированного ВМР, обеспечивающего максимальное извлечение метанола из НГК;
- для повышения надежности функционирования установки и предотвращения потенциальных аварийных ситуаций был разработан комплекс технологических защит.

2.1. Модернизация технологической схемы

Для выполнения поставленной задачи, в первую очередь была модернизирована технологическая схема обвязки РЖ первой ступени (10Р-1) и РЖ конечной ступени сепарации (20Р-3). Для этого на РЖ первой ступени сепарации был выполнен монтаж перемычки между линией выхода ВМР и линией нестабильного газового конденсата, для дальнейшей подачи смеси в 20Р-3. На вновь смонтированной линии были установлены (Рис. 2.):

- клапан-регулятор;
- датчик давления;
- ручная запорная арматура.

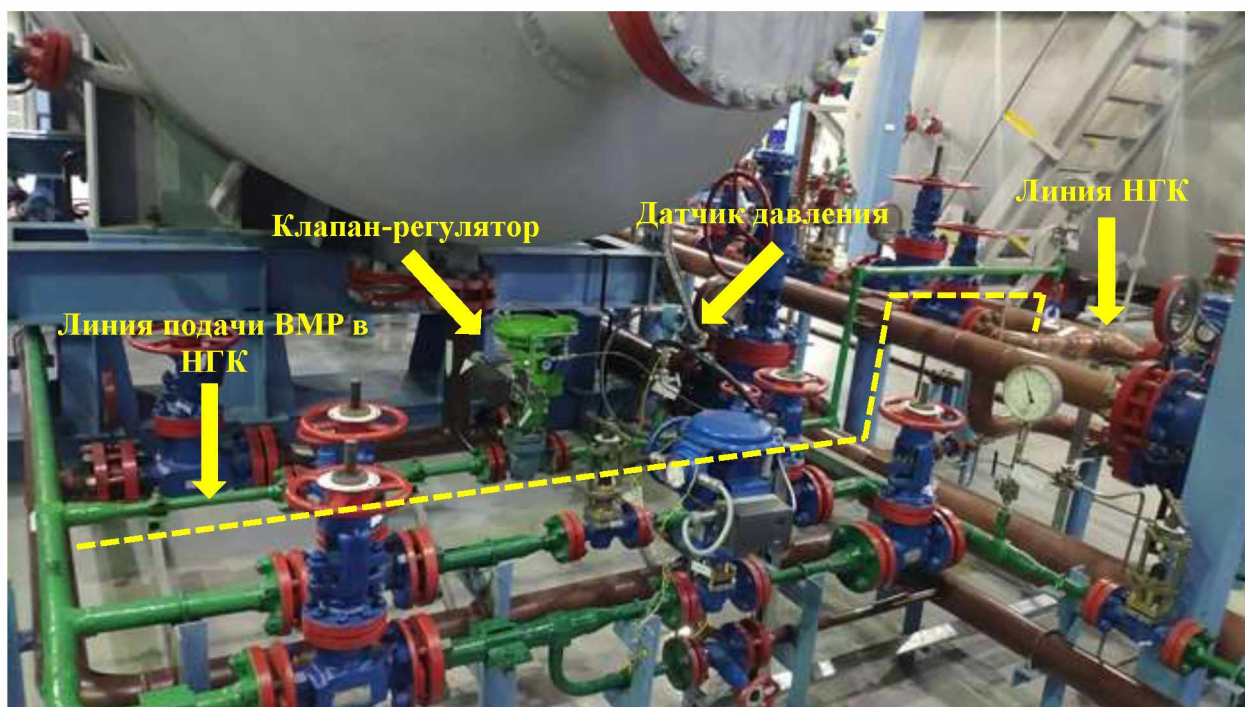


Рис. 2.- Линия подачи низкоконцентрированного ВМР в НГК

Так же, в рамках решаемой задачи, на РЖ конечной ступени (20Р-3), на линии отвода ВМР были установлены многопараметрические расходомеры MicroMotion (Рис.3), позволяющие видеть температуру, плотность и расход отводимого из РЖ ВМР.

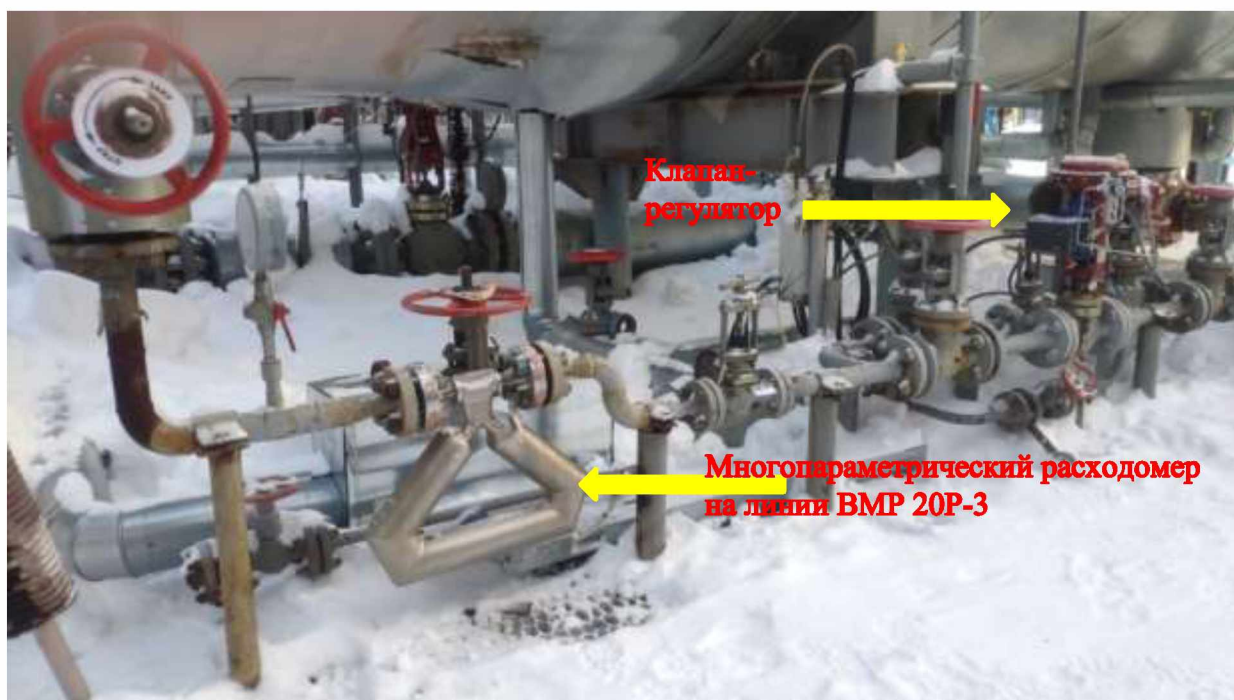


Рис. 3.- Многопараметрический расходомер на линии отвода ВМР из
конечного РЖ 20Р-3

На рис.4 представлена принципиальная технологическая схема установки НТС. На указанном рисунке использованы следующие обозначения:

- 1 – входная линия установки;
- 2 – сепаратор-пробкоуловитель первой ступени сепарации газа;
- 3 – сепаратор газа первой ступени сепарации газа;
- 4 – аппарат воздушного охлаждения 20ВХ-1;
- 5 – рекуперативный теплообменник «газ-газ»; 20Т-1;
- 6 – рекуперативный теплообменник «газ-конденсат»; 20Т-2;
- 7 – РЖ первой ступени сепарации 10Р-1;
- 8 – датчик давления в РЖ 10Р-1;
- 9 – датчик уровня в РЖ первой ступени сепарации 10Р-1;
- 10 – сепаратор газа второй ступени сепарации 20С-2;
- 11 – низкотемпературный сепаратор 20С-3;

- 12 – клапан-регулятор подачи низкотемпературного ВМР в линию НГК;
- 13 – датчик измерения расхода, концентрации и температуры ВМР, поступающего на вход инъекции инжектора 15;
- 14 – датчик давления после клапана-регулятора 12;
- 15 – инжектор;
- 16 – дегазатор 10ДР-1;
- 17 – редуцирующий штуцер;
- 18 – РЖ второй ступени сепарации 20Р-2;
- 19 – дегазатор 20ДР-1;
- 20 – РЖ последней ступени сепарации 20Р-3;
- 21 – датчик уровня в РЖ последней ступени сепарации 20Р-3;
- 22 – датчик измерения расхода, концентрации и температуры ВМР, подаваемого в МКП;
- 23 – клапан-регулятор поддерживающий уровень 21 в РЖ 20Р-3;
- 24 – МКП;
- 25 – клапан-регулятор поддерживающий уровень 9 в РЖ 10Р-1;
- 26 – Линия инъекции низкоконцентрированного ВМР в НГК;

2.2. Блок виртуального расходомера

В связи с отсутствием расходомера на линии инъекции низкоконцентрированного ВМР в линию НГК, авторами было предложено использовать «виртуальный» расходомер (FT2 на рис. 5), принцип действия которого основан на уравнении Бернулли для реальных жидкостей [6]:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} = const \quad (1)$$

где:

z_1 и z_2 - удельные энергии положения, характеризующие потенциальную энергию в сечениях 1 и 2;

P_1 и P_2 – давление, Па, в сечениях 1 и 2;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

α_1 и α_2 – коэффициенты Кориолиса и зависят от режима течения жидкости в сечениях 1 и 2 ($\alpha = 2$ для ламинарного режима, $\alpha = 1$ для турбулентного режима, принимаем $\alpha = 2$);

v_1 и v_2 – скорость, м/с, потока в сечениях 1 и 2.

Скорость потока в сечении 1 считаем, $v_1 = 0$ (т.к. предполагаем, что жидкость внутри РЖ находится в состоянии покоя), тогда уравнение примет вид:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} \quad (2)$$

Откуда, путем несложных преобразований, получаем:

$$\alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} = z_1 - z_2 + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} \quad (3)$$

$P_1 - P_2 = \Delta P$ – перепад давления между сечениями 1 и 2, в нашем случае перепад между РЖ и датчиком давления после клапана регулятора КР4 (рис.5); Пренебрегаем потерями напора и считаем, что $z_1 = z_2$, тогда уравнение (3) принимает вид:

$$\alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} = \frac{\Delta P}{\rho g} \quad (4)$$

Принимаем: $\alpha_2 = 2$, так как в трубе поток жидкости ламинарный. Получаем следующее уравнение:

$$\frac{v_2^2}{g} = \frac{\Delta P}{\rho g} \quad (5)$$

Далее, после преобразований уравнение (5), формулу нахождения скорости потока жидкости в сечении 2, в нашем случае скорость потока на клапане регуляторе КР4:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (6)$$

Для нахождения объемного расхода через КР4 используем формулу (7).

$$V = vS \quad (7)$$

где, v – скорость потока жидкости. Совмещая формулы (6) и (7), получаем объемный расход жидкости:

$$V = S \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (8)$$

Зная объем жидкости, находим массу по следующей формуле:

$$M = \rho V \quad (9)$$

где:

M – это масса жидкости за единицу времени (массовый расход);

ρ – плотность данной жидкости;

V – объем жидкости за единицу времени (объемный расход). Таким образом, объединив формулы (8) и (9), получаем формулу для вычисления массового расхода жидкости:

$$M = \rho S \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} = S \sqrt{2\Delta P \rho} \quad (10)$$

где:

M – массовый расход жидкости через клапан регулятор КР4;

S – площадь проходного сечения КР4;

ΔP – перепад давления между первым РЖ и давлением после КР4;

ρ – плотность жидкости, в нашем случае ВМР после первого РЖ.

Так как в реальных условиях необходимо учитывать неравномерность потока жидкости по сечению, обусловленную силой трения об стены трубопровода, турбулентность после запорной арматуры, вводим поправочный коэффициент. Таким образом, получаем следующую формулу для определения массового расхода:

$$M = hS \sqrt{2\Delta P \rho} \quad (11)$$

где:

h – поправочный коэффициент;

S – площадь проходного сечения на КР4;

ΔP – перепад давления между первым РЖ и РТ2;

ρ – плотность ВМР.

Площадь сечения находим по формуле:

$$S = \pi \frac{D^2}{4} \quad (12)$$

где: D – диаметр проходного сечения.

Таким образом, объединив формулы (11) и (12), получаем массовый расход ВМР через КР4:

$$M = h\pi \frac{D^2}{4} \sqrt{2\Delta P\rho} \quad (13)$$

Поправочный коэффициент получаем экспериментальным путем. Так как проходное сечение D меняется в зависимости от степени открытия клапана регулятора КР4, то для каждой точки положения регулятора с заданной дискретизацией в % находим свой коэффициент при постоянном значении перепада давления. При этом чем больше точек, тем больше точность определения расхода. Для получения необходимой нам точности определения расхода достаточно найти поправочный коэффициент каждые 5% открытия регулятора и свести в одну таблицу. Для получения поправочного коэффициента между точками используем метод интерполяции:

$$h = h_1 - (D - d_1) \frac{h_1 - h_2}{d_2 - d_1} \quad (14)$$

где:

d_1 – ближайшее минимальное значение диаметра прохода, к текущему диаметру;

d_2 – ближайшее максимальное значение диаметра прохода, к текущему диаметру;

h_1 и h_2 – значения поправочного коэффициента, соответствующие к d_1 и d_2 соответственно.

Для определения поправочного коэффициента в зависимости от степени открытия клапана КР4, для начала необходимо закрыть клапан регулятор КР3 на линии ВМР (Рис. 5). Таким образом весь поток ВМР направляем по линии экстракции и многопараметрический кориолисовый преобразователь расхода FT1 (расходомер) будет показывать расход через линию экстракции.

Положение клапана регулятора КР4 задаем равным 5%. После стабилизации расхода, вычисляем поправочный коэффициент по формуле:

$$h = \frac{4M}{\pi D^2 \sqrt{2\Delta P\rho}} \quad (15)$$

где:

M – массовый расход через расходомер FT1;

D – текущее сечение на клапане регуляторе КР4;

ΔP – перепад давления между РТ1 и РТ2;

ρ – текущая плотность ВМР, вычисляется расходомером FT1.

Аналогично определяем коэффициенты да полного открытия КР4 с шагом 5% при постоянном значении перепада давления. Постоянное значение перепада давления обеспечивается клапаном регулятором по газу выветривания на РЖ.

Так как на КР4 пропускная характеристика линейная и равнопроцентная, текущее сечение определяем по формуле:

$$D = D_N \frac{L}{100} \quad (16)$$

где:

D_N – условный проход клапана;

L – процент открытия.

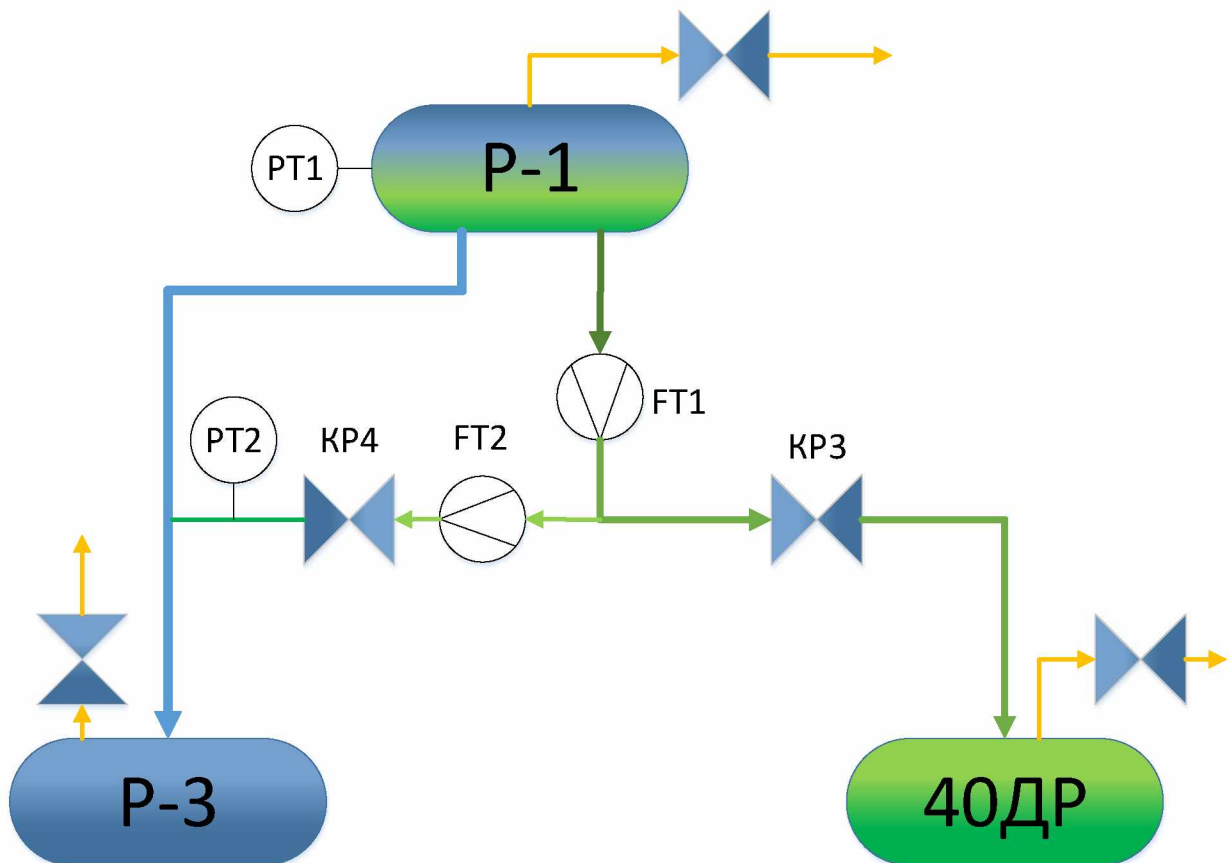


Рис.5.- Принципиальная схема линии инъекции низкоконцентрированного ВМР в НГК

После определения поправочного коэффициента, заполняется таблица 1.

Таблица 1

| | | | | | | | | | |
|---|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----|------------------|
| D | d ₅ | d ₁₀ | d ₁₅ | d ₂₀ | d ₂₅ | d ₃₀ | ... | ... | d ₁₀₀ |
| h | h ₅ | h ₁₀ | h ₁₅ | h ₂₀ | h ₂₅ | h ₃₀ | ... | ... | h ₁₀₀ |

По данной таблице, по формуле (14) находим поправочный коэффициент h в режиме реального времени в зависимости от положения клапана КР4. Так же в режиме реального времени отслеживается перепад давления между РЖ и датчиком давления РТ2 и плотность ВМР. Подставляя все найденные данные в формулу (13), рассчитываем текущий массовый расход ВМР через клапан регулятор КР4.

2.3. Блок определения концентрации ВМР

Для решения задачи автоматического управления процессом экстракции метанола необходимо иметь входные данные, показывающие процентное содержание метанола в водометанольном растворе – концентрацию метанола в ВМР. Для эффективного решения данной задачи не достаточно иметь лабораторные данные с дискретизацией один раз в 24 часа основанные на ежедневных анализах проб. Желательная дискретизация измерения концентрации должна составлять всего несколько минут. Задача измерения концентрации в ВМР может быть решена с использованием специализированных датчиков измерения концентрации. К сожалению, при проектировании УКПГ 1В ЗГНКМ, такие датчики не были заложены в проект. Так как на линиях ВМР от РЖ 10Р-1 и 20Р-3 установлены многопараметрические расходомеры, было принято решение, на основании показаний с них, а именно плотности и температуры ВМР, вычислить концентрацию метанола в ВМР. Для вычисления концентрации авторами было предложено три способа:

1. Вычисление концентрации используя таблицы определения содержания этилового спирта в водно-спиртовых растворах [7]. Фрагмент

данных таблиц, выражающий зависимость между содержанием спирта в растворе в процентах (по массе), температурой и плотностью водно-спиртового раствора, приведен в таблице 2. В первой и последней графах таблицы указаны значения температуры раствора через интервал $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ в пределах от плюс 40 до минус $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. В остальных графах таблицы приведены плотности растворов для соответствующих значений содержания спирта в процентах (по массе).

Таблица 2

| Температура, С° | Содержание спирта, % (по массе) | | | | | | Температура, С° |
|-----------------|--------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| | 100 | 99 | 98 | 97 | 96 | 95 | |
| | Плотность водно-спиртового раствора, г/см ³ | | | | | | |
| 40 | 0,77203 | 0,77506 | 0,77803 | 0,78096 | 0,78384 | 0,78667 | 40 |
| 39 | 294 | 592 | 891 | 184 | 473 | 757 | 39 |
| 38 | 382 | 679 | 978 | 272 | 561 | 845 | 38 |
| 37 | 471 | 767 | 0,78066 | 359 | 649 | 933 | 37 |
| 36 | 559 | 856 | 154 | 447 | 736 | 0,79020 | 36 |
| 35 | 647 | 944 | 242 | 534 | 823 | 107 | 35 |
| 34 | 734 | 0,78033 | 329 | 621 | 909 | 193 | 34 |
| 33 | 821 | 121 | 417 | 708 | 996 | 280 | 33 |
| 32 | 908 | 208 | 504 | 795 | 0,79083 | 366 | 32 |
| 31 | 994 | 296 | 591 | 883 | 170 | 454 | 31 |
| 30 | 0,78080 | 383 | 679 | 971 | 258 | 541 | 30 |
| 29 | 166 | 469 | 767 | 0,79059 | 347 | 630 | 29 |
| 28 | 250 | 554 | 853 | 147 | 435 | 719 | 28 |
| 27 | 333 | 639 | 939 | 234 | 523 | 807 | 27 |
| 26 | 416 | 724 | 0,79025 | 321 | 611 | 895 | 26 |
| 25 | 500 | 809 | 111 | 407 | 698 | 983 | 25 |
| 24 | 585 | 895 | 198 | 494 | 785 | 0,80070 | 24 |
| 23 | 670 | 982 | 285 | 581 | 872 | 158 | 23 |
| 22 | 756 | 0,79068 | 371 | 668 | 959 | 245 | 22 |
| 21 | 842 | 154 | 457 | 754 | 0,80046 | 333 | 21 |
| 20 | 927 | 240 | 543 | 841 | 133 | 420 | 20 |
| 19 | 0,79014 | 326 | 630 | 927 | 219 | 506 | 19 |
| 18 | 100 | 412 | 716 | 0,80013 | 305 | 592 | 18 |
| 17 | 185 | 497 | 802 | 99 | 391 | 678 | 17 |
| 16 | 271 | 583 | 888 | 186 | 478 | 765 | 16 |

Блок схема вычисления концентрации с помощью таблицы для определения содержания этилового спирта по массе в водно-спиртовых растворах приведен на рис.6.

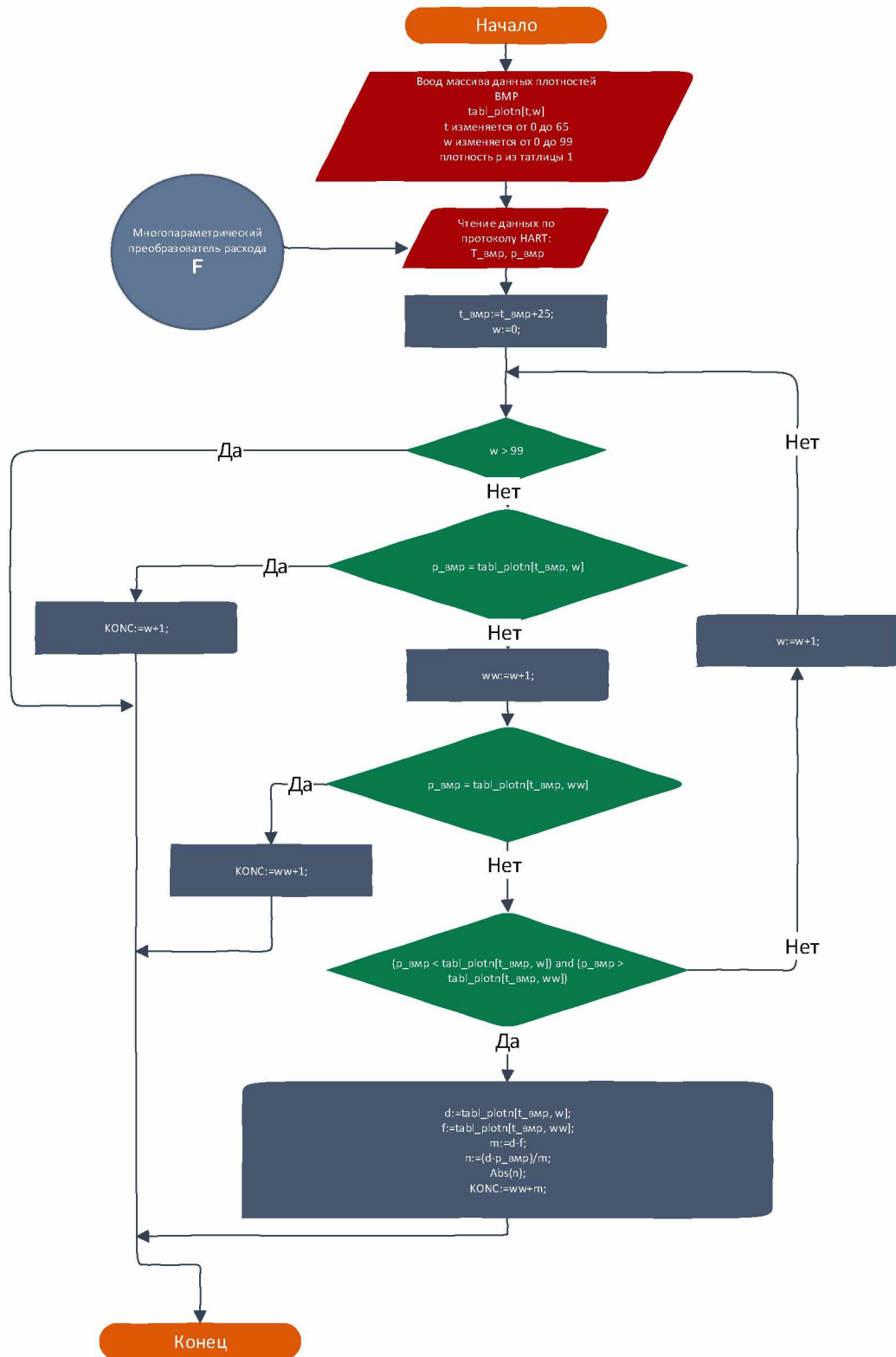


Рис.6. - Блок схема вычисления концентрации с помощью таблицы

Метод, описанный на рис.6, реализует табличный поиск концентрации метанола в ВМР, используя два входных параметра – плотность ВМР и температуру ВМР. Данный метод был реализован на УКПГ1В ЗНГКМ используя для входных данных показания плотностей и температур ВМР, рассчитанных многопараметрическими кориолисовыми преобразователями расхода Micro Motion F100, установленных на линиях выхода ВМР из РЖ 10Р-1, 20Р-3 на всех технологических нитках.

Как показала практика, максимальные отклонения показаний вычисленных концентраций метанола по таблицам этилового спирта от показаний измеренных концентраций в лабораторных условиях, составило не более трёх процентов. Для решения задачи автоматического управления процессом максимального извлечения метанола из НГК, способ вычисления концентрации используя таблицы для определения массового содержания этилового спирта в водно-спиртовых растворах вполне пригоден так как позволяет отслеживать динамику процесса изменения концентрации метанола в ВМР и соответственно производить различные регулирования процессов используя в качестве входных данных вычисленные показания концентрации метанола в ВМР. Стоит отметить, что данный метод не учитывает особенностей реальной водометанольной смеси, образующейся в процессе разделения жидкости находящейся в РЖ УКПГ 1В ЗНГКМ.

2. Вычисление концентрации используя таблицу для определения массового содержания метилового спирта в воднометанольных растворах при 20 °С с предварительным приведением плотности ВМР к нормальным условиям (при 20 °С) по специальной формуле:

$$\rho_{20} = \rho + (0,00117 * (t-20)).$$

где:

ρ_{20} - вычисленная плотность при нормальных условиях (при 20 °С);

ρ - измеренная плотность водометанольной среды с помощью многопараметрического кориолисового преобразователя расхода Micro Motion F100;

t - измеренная температура водометанольной среды с помощью кориолисового преобразователя расхода Micro Motion F100.

Константа 0,00117 - коэффициент температурного расширения метанола.

Вместо метода поиска концентрации по таблице массового содержания метилового спирта в воднометанольных растворах при 20 °С, авторами был предложен альтернативный метод, который заключается в описании таблицы с помощью полинома третьего порядка, представленного ниже в виде формулы:

$$\omega = (-3258,79 * \rho_{20}^3) + (7731,7 * \rho_{20}^2) - (6469,91 * \rho_{20}) + 1993,35$$

где:

ω - концентрация метанола в водометанольном растворе;

ρ_{20} - плотность водометанольного раствора при нормальных условиях (при 20 °С).

Данный метод был реализован на УКПГ1В ЗНГКМ. Стоит отметить, что данный метод, так же, как и первый, не учитывает особенностей реальной водометанольной смеси, образующейся в процессе разделения жидкости находящейся в РЖ УКПГ 1В ЗНГКМ. Как показала практика, максимальные отклонения показаний вычисленных концентраций метанола используя таблицу для определения массового содержания метилового спирта в воднометанольных растворах при 20 °С с предварительным приведением плотности ВМР к нормальным условиям (при 20 °С) по специальной формуле от показаний измеренных концентраций в лабораторных условиях составило не более трёх процентов. Для решения задачи автоматического управления

процессом обеспечения максимального извлечения метанола из НГК, данный способ так же вполне пригоден, так как позволяет отслеживать динамику процесса изменения концентрации метанола в ВМР и соответственно производить различные регулирования процессов используя в качестве входных данных вычисленные показания концентрации метанола в ВМР.

3. Вычисление концентрации используя таблицу для определения массового содержания метилового спирта в водно-спиртовых растворах. В общедоступной литературе удалось найти таблицу для определения массового содержания метилового спирта в водно-спиртовых растворах только для температуры раствора равной 20 °С. Для реализации вычислений по данному методу необходимо иметь таблицы для температуры раствора через интервал 1 °С в пределах от плюс 40 до минус 25 °С. На основании многолетних показаний плотности и температуры с расходомеров установленных на линиях выхода ВМР с РЖ и на основании величин концентраций взятых из результатов ежедневных проб, сделанных в аналитической лаборатории, учитывая время взятия отбора проб для аналитической лаборатории, авторами были составлены таблицы концентраций метанола в ВМР для используемых в линиях ВМР РЖ УКПГ параметров температур и плотностей ВМР, вычисленных кориолисовыми преобразователями расхода Micro Motion F100. Этот способ оказался самым точным по сравнению с двумя предыдущими так как он позволяет учитывать особенности среды проходящей по линиям ВМР УКПГ.

2.4. Автоматизация процесса извлечения метанола из НГК

Эффективность извлечения метанола из НГК зависит от правильного определения расхода ВМР низкой концентрации, необходимого для полного растворения метанола, поступающего вместе с газоконденсатной смесью в РЖ последней ступени сепарации. Фактически, необходимо определить точку насыщения ВМР, получаемого на выходе РЖ последней ступени сепарации, проходя которую увеличение расхода ВМР низкой концентрации с первой

ступени сепарации в РЖ последней ступени сепарации уже не ведет к повышению количества отмытого из НГК метанола в ВМР, который отводится из РЖ последней ступени сепарации установки на регенерацию. Определение этого момента необходимо, т.к. избыточный расход ВМР низкой концентрации, подаваемого из РЖ первой ступени сепарации газа в последнюю ступень сепарации будет вести лишь к повышению затрат энергии на регенерацию метанола, а недостаточная его подача приведет к невосполнимым потерям метанола из-за уноса вместе с НГК.

Указанная задача решается, а технический результат достигается за счет того, что оптимизация процесса извлечения ингибитора из НГК реализуется автоматизированной системой управления технологическими процессами (АСУ ТП) установки. Для поиска уставки оптимального расхода ВМР с низкой концентрацией метанола, инжектируемого в объединенный поток смеси НГК и ВМР, АСУ ТП использует датчик концентрации метанола для расчета количества метанола в ВМР, отводимого на регенерацию и установленном на линии его подачи из РЖ последней ступени. Также АСУ ТП использует и клапан-регулятор, стоящий на линии инъекции ВМР с низкой концентрацией метанола в инжектор. С помощью этого клапана-регулятора АСУ ТП с заданной дискретностью по времени и уровнем квантования по расходу повышает подачу ВМР с низкой концентрацией метанола на вход инъекции инжектора. АСУ ТП продолжает этот процесс до момента, когда количество метанола, содержащегося в ВМР на выходе из РЖ последней ступени сепарации газа, перестает увеличиваться. После этого АСУ ТП возвращает этот клапан-регулятор на один шаг назад и фиксирует найденное значение расхода ВМР с низкой концентрацией метанола в качестве уставки для управления его инъекцией в суммарный поток смеси НГК и ВМР. Далее, автоматически, АСУ ТП поддерживает подачу найденного оптимального расхода ВМР с низкой концентрацией метанола для инъекции в объединенный поток НГК и ВМР. Математическая модель поиска оптимального расхода низкоконцентрированного ВМР приведена на рис.7.

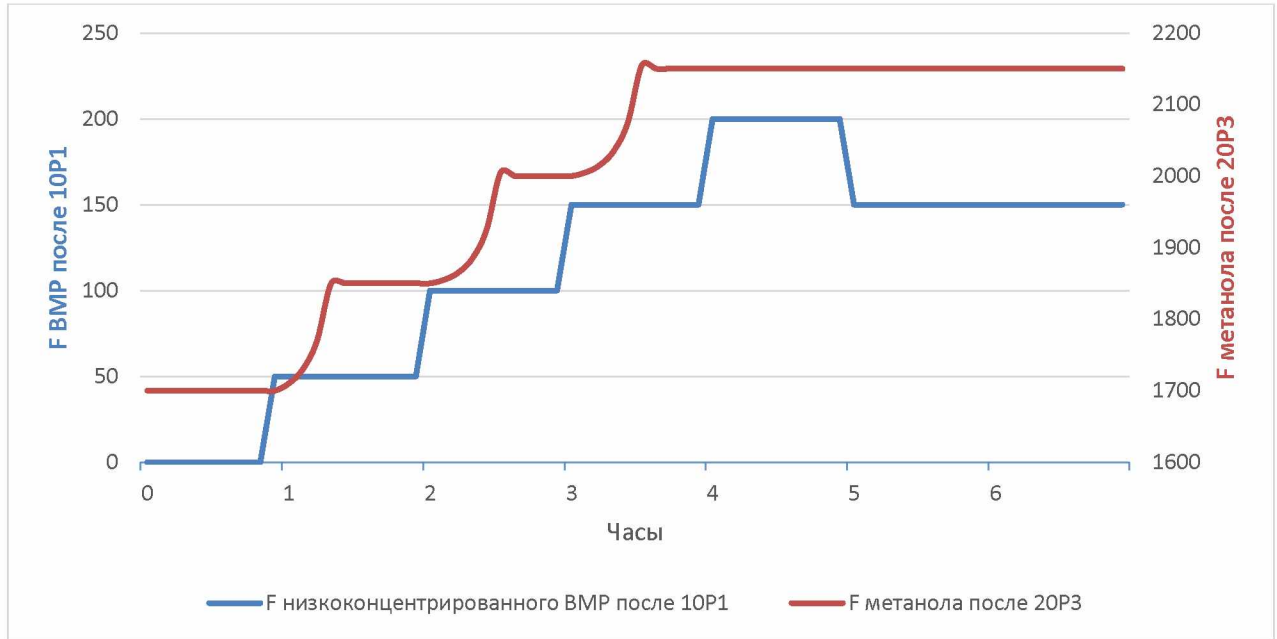


Рис .7. - Математическая модель начального поиска оптимального расхода низкоконцентрированного ВМР

В случае значительного изменения параметров технологического процесса, а так же при поступлении очередной команды от оператора установки, АСУ ТП реализует новый цикл поиска уставки расхода ВМР с низкой концентрацией метанола в инжектор. Для этого АСУ ТП с помощью клапана-регулятора, стоящего на линии подачи ВМР с низкой концентрацией метанола в инжектор, с заданной дискретностью по времени и уровнем квантования по расходу снижает подачу ВМР с низкой концентрацией метанола, отводимого из РЖ первой ступени сепарации газа в РЖ последней ступени сепарации газа. Одновременно, с помощью датчика концентрации метанола в ВМР, установленного на линии подачи ВМР на регенерацию, АСУ ТП контролирует количество отмытого метанола в ВМР. И как только система обнаружит снижение количества отмытого метанола в ВМР, отводимого на регенерацию, то останавливает процесс снижения расхода ВМР с низкой концентрацией метанола из РЖ первой ступени сепарации газа в РЖ второй ступени сепарации газа. После этого АСУ ТП запускает процесс поиска уставки аналогично запуску установки в работу, но с учетом текущего положения

клапана-регулятора, стоящего на линии подачи ВМР на вход инжекции инжектора. Математическая модель повторного поиска оптимального расхода низкоконцентрированного ВМР представлена на рис.8.

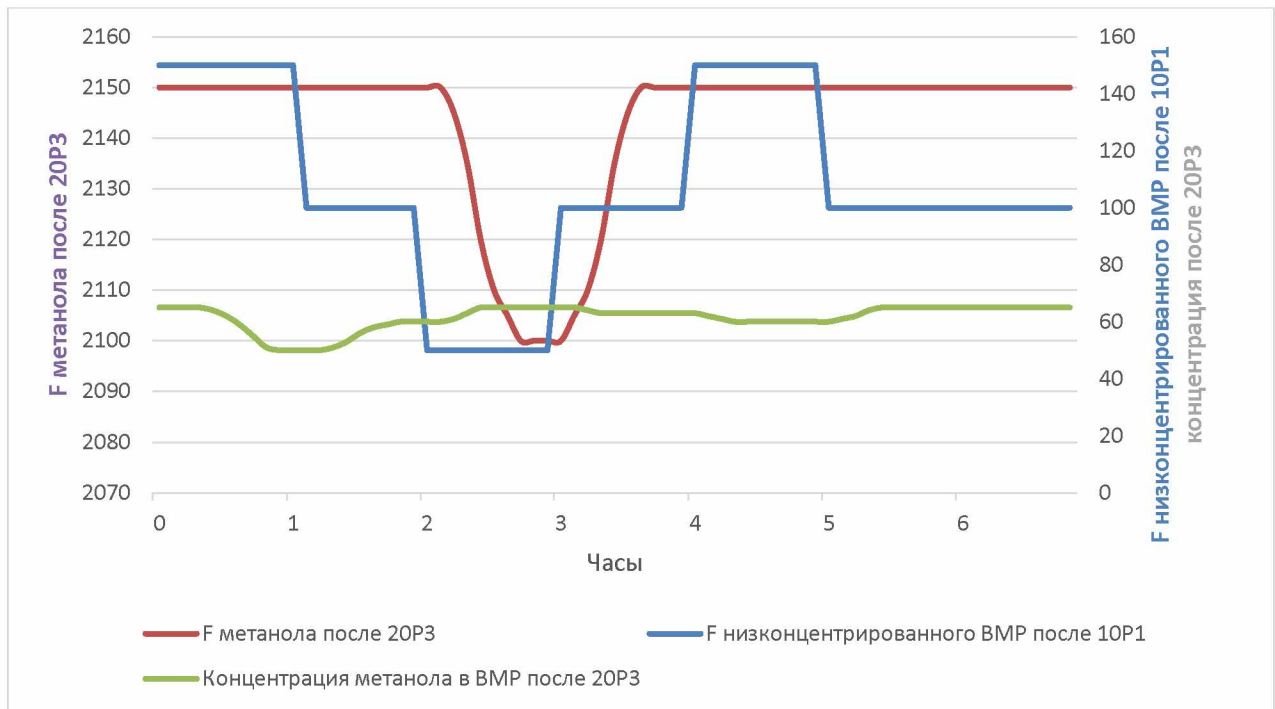


Рис.8 - Математическая модель повторного поиска оптимального расхода низкоконцентрированного ВМР

АСУ ТП в автоматическом режиме может инициировать новый цикл поиска уставки расхода ВМР с низкой концентрацией метанола в инжектор, в следующих случаях:

- при значительном изменении концентрации в 20P-3 (значение отклонения параметра задается оператором);
- при значительном изменении количества метанола в ВМР поступающего из 20P-3 (значение отклонения параметра задается оператором);
- поступление команды от оператора.

2.5. Комплекс технологических защит

В процессе работы над методом оптимального извлечения метанола из НГК, группой сотрудников ООО «Газпром добыча Ямбург», на УКПГ 1В, так же был разработан комплекс защит, блокировок и предупредительных сигнализаций, позволяющих избежать выход контролируемых параметров за рамки технологических норм и ограничений, предусмотренных технологическим регламентом установки.

Уровень жидкости в РЖ первой ступени сепарации газа поддерживает ПИД-регулятор, управляющий расходом части ВМР с низкой концентрацией метанола, отводимой на регенерацию. Для этого, на его вход задания SP, АСУ ТП подает уставку, соответствующую рекомендуемому паспортом установки значению рабочего уровня жидкости в РЖ первой ступени сепарации газа. Одновременно, на вход обратной связи PV этого же ПИД-регулятора, подают значение текущего уровня жидкости, измеряемого датчиком уровня ВМР, установленном в этом РЖ. В результате обработки этих параметров на выходе CV этого ПИД-регулятора формируется управляющий сигнал для клапана-регулятора, который управляет потоком ВМР с низкой концентрацией метанола, отводимым на регенерацию.

Уровень жидкости в РЖ последней ступени сепарации газа поддерживает ПИД-регулятор, управляющий расходом ВМР, направляемым на регенерацию метанола. Для этого, на его вход задания SP, АСУ ТП подает уставку, соответствующую рекомендуемому паспортом установки рабочему значению уровня жидкости в РЖ второй ступени сепарации газа. Одновременно, на вход обратной связи PV этого же ПИД-регулятора, подают значение текущего уровня жидкости, измеряемого датчиком уровня, установленном в этом РЖ второй ступени. В результате обработки этих параметров, на выходе CV этого ПИД-регулятора, формируется управляющий сигнал для клапана-регулятора, который управляет потоком ВМР, направляемым на регенерацию метанола.

В случае достижения крайнего положения рабочим органом одного из клапанов-регуляторов (настраивается оператором), работающих под управлением соответствующих ПИД-регуляторов, АСУ ТП формирует сообщение об этом оператору с предложением об изменении режима работы установки НТС. Данная защита позволяет контролировать возможные залповые выбросы пластовых вод, при которых клапана-регуляторы не могут поддерживать уровни в РЖ, а так же в случае избыточной подачи низкоконцентрированного ВМР из 10Р-1 в 20Р-3.

Специфическая особенность технологического процесса НТС газа такова, что температура НГК в РЖ 20Р-3 всегда отрицательна, и в ряде случаев, при увеличении подачи ВМР низкой концентрации, если не контролировать температуру ВМР на его выходе, происходит его замерзание. Опыт эксплуатации установок на Севере показал, что нормальное ведение процесса отмывки метанола с помощью ВМР низкой концентрации в РЖ последней ступени сепарации реализуется, если температура ВМР на выходе РЖ будет, как минимум, на 5°С выше температуры замерзания. Для этого в ходе технологического процесса АСУ ТП с заданной дискретностью контролирует расход ВМР низкой концентрации и концентрацию в нем метанола. Одновременно АСУ ТП с такой же дискретностью измеряет температуру жидкости в РЖ последней ступени сепарации. При очередном поиске уставки оптимального расхода ВМР низкой концентрации, АСУ ТП перед каждым шагом поиска производит вычисление ожидаемой концентрации $C_{ож}$ метанола в ВМР в линии отвода из РЖ последней ступени сепарации в цех регенерации УКПГ, используя формулу определения результирующей концентрации жидкости, полученной при смешивании двух жидкостей с разной концентрацией:

$$C_{ож} = \frac{C_1 * F_1 + C_2 * \Delta F}{F_1 + \Delta F}$$

где:

C_1 - фактическое значение концентрации ВМР поступающего из РЖ последней ступени сепарации 20P-3;

C_2 - фактическое значение концентрации ВМР поступающего из РЖ первой ступени сепарации 10P-1;

F_1 - расход ВМР поступающего из РЖ последней ступени сепарации 20P-3;

ΔF - шаг увеличения расхода ВМР низкой концентрации, подаваемого на вход инъекции инжектора при поиске уставки оптимального расхода ВМР низкой концентрации.

Выполнив расчет $C_{ож}$, АСУ ТП используя данные измерений температуры ВМР на линии отвода из РЖ последней ступени сепарации, по специальной таблице 3 [8], оценивает возможность его замерзания на следующем, i -ом шаге, и если для следующего шага поиска уставки разница между измеренной температурой ВМР и оценкой температуры замерзания ВМР на выходе РЖ последней ступени сепарации окажется меньше 5°C , АСУ ТП останавливает поиск уставки и назначает в качестве ее текущий расход ВМР низкой концентрации.

Таблица 3

Оценка температуры замерзания ВМР от концентрации в нём метанола

| Показатель | Концентрация метилового спирта, % по массе | | | | | |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| Температура замерзания, $^{\circ}\text{C}$ | -5,6 | -15,0 | -26,0 | -39,7 | -55,4 | -75,7 |

Данный способ обеспечивает повышение надежности функционирования установки и предотвращает возникновение аварийных ситуаций на производстве, связанных с потенциальной возможностью замерзания ВМР на выходе РЖ последней ступени сепарации.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАЧ, РЕШАЕМЫХ НА УРОВНЕ АСУ ТП ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО ПРОМЫСЛА

Предложенные инновационные методы решения задач, представленных в предыдущих разделах, были реализованы на базе АСУ ТП УКПГ-1В. Ниже приведем перечень задач решаемых в этой системе с соответствующей разбивкой.

В рамках АСУ ТП решены следующие задачи:

- автоматический расчет показателей расхода низкоконцентрированного ВМР, поступающего из 10Р-1 в 20Р-3. Расчет выполняется исходя из значений перепада на клапане-регуляторе, проходному сечению клапана и с учетом плотности среды;

- автоматическое вычисление концентрации ВМР в РЖ 10Р-1 и 20Р-3. Концентрация определяется исходя из данных (температура, плотность) получаемых с многопараметрических расходомеров Micro Motion, установленных на РЖ первой и последней ступенях сепарации;

- автоматический поиск и поддержание расхода низкоконцентрированного ВМР из 10Р-1 в 20Р-3, для максимального извлечения метанола из нестабильного газового конденсата;

- автоматическая защита технологического процесса и оборудования. В автоматическом режиме контролируются залповые выбросы пластовых вод, а так же выполняется защита от замерзания ВМР на выходе из 20Р-3.

На рис.9 в укрупненном виде приведена структурная схема реализации поставленных задач, выполненная на основе отдельных блоков.

Указанные на рис.9 блоки предназначены:

А1- для автоматического расчета показателей расхода низкоконцентрированного ВМР, поступающего из 10Р-1 в 20Р-3.

А2- для автоматического вычисления концентрации ВМР в РЖ 10Р-1 и 20Р-3.

А3- для автоматического поиска и поддержания расхода низкоконцентрированного ВМР из 10Р-1 в 20Р-3, для максимального извлечения метанола из нестабильного газового конденсата.

А4- для автоматической защиты технологического процесса и оборудования.

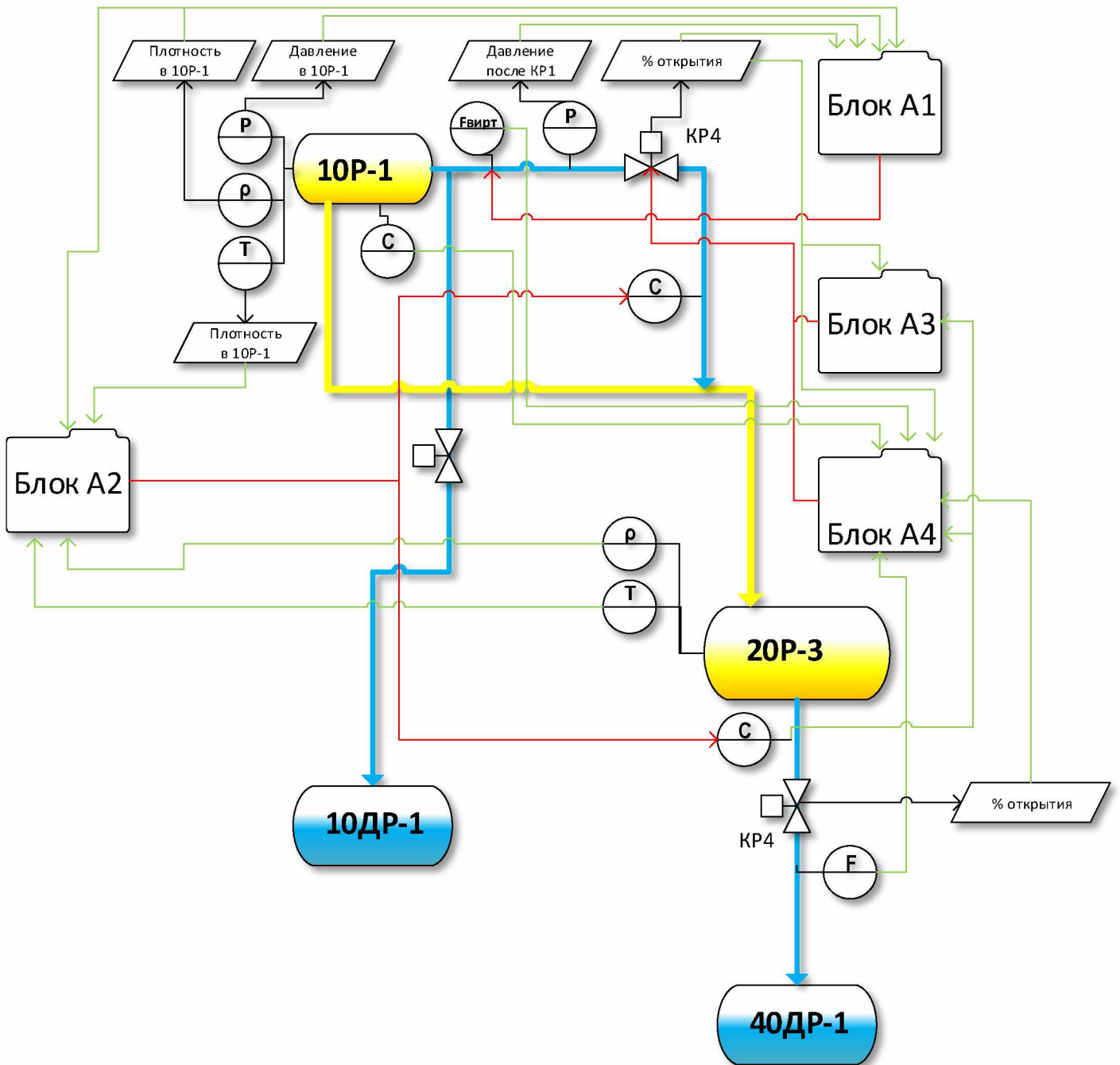


Рис.9 - структурная схема блоков автоматического управления процессом поиска и поддержания оптимального извлечения метанола из НГК

4. ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАНОЛА ИЗ НЕСТАБИЛЬНОГО ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА

Проверка работоспособности системы, обеспечивающей решение задачи максимального извлечения метанола из нестабильного газового конденсата, была осуществлена на базе УКПГ-1В.

Этап 1: На данном этапе, в первую очередь, настраиваются параметры автоматического поиска оптимального расхода низкоконцентрированного ВМР, а так же параметры алгоритмов защиты:

- период корректировки расхода ВМР (мин);
- шаг изменения расхода ВМР (кг/ч);
- значение крайнего положения Кр4 на 10Р-1;
- значение крайнего положения Кр4 на 20Р-3;

На рис.10 представлена мнемосхема настройки и включения поиска оптимального расхода ВМР.

Перед проведением испытаний показатели рассчитанных концентраций в 10P-1 и 20P-3 были сверены с показателями ежедневных отборов ВМР лабораторией ИТЦ. Результаты проверки приведены в таблицах 4,5,6. Согласно приведенным таблицам, отклонения значений концентрации ВМР измеренные лабораторией и расчетные, не превышают 1%, что является хорошим показателем для проведения испытаний.

Таблица 4

| Дата | Концентрация ВМР в 10P1-1, % | | Концентрация ВМР в 20P3-1, % | |
|------------|------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|
| | Лаборатория ИТЦ | Расчетная | Лаборатория ИТЦ | Расчетная |
| 01.01.2022 | 16.5 | 16.1 | 48.5 | 47.9 |
| 02.01.2022 | 17.5 | 16.8 | 51 | 50.7 |
| 03.01.2022 | 16.5 | 16.2 | 48 | 47.4 |
| 04.01.2022 | 17.5 | 16.6 | 61.5 | 61.3 |

Сравнительная таблица измерения концентраций ВМР, нитка №1.

Таблица 5

| Дата | Концентрация ВМР в 10P1-3, % | | Концентрация ВМР в 20P3-2, % | |
|------------|------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|
| | Лаборатория ИТЦ | Расчетная | Лаборатория ИТЦ | Расчетная |
| 01.01.2022 | 16.5 | 16.3 | 60 | 60.4 |
| 02.01.2022 | 15.5 | 16.0 | 52.5 | 51.8 |
| 03.01.2022 | 16.5 | 16.2 | 55 | 54.7 |
| 04.01.2022 | 16.5 | 16.2 | 57 | 57.2 |

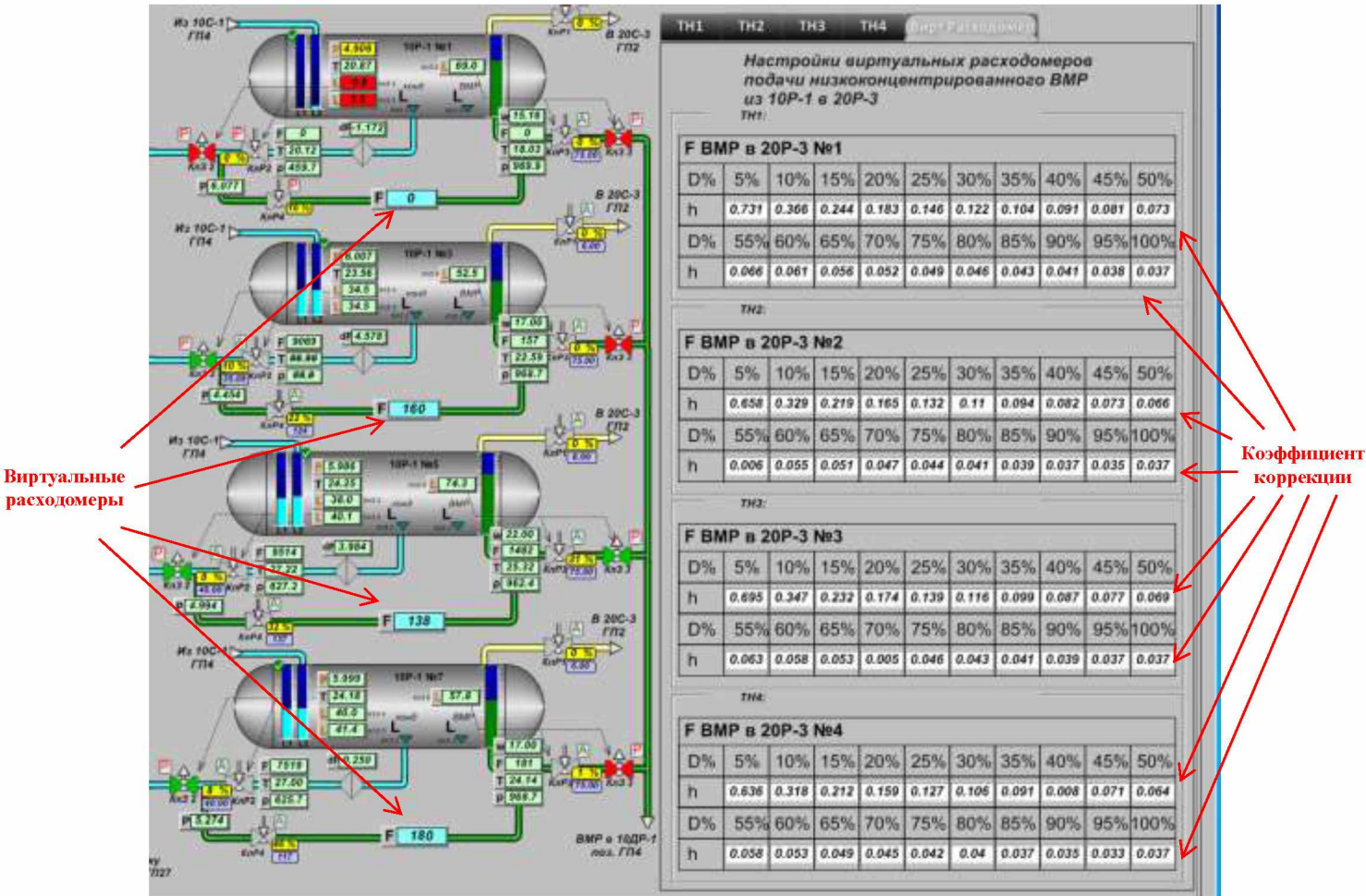
Сравнительная таблица измерения концентраций ВМР, нитка №2.

Таблица 6

| Дата | Концентрация ВМР в 10P1-5, % | | Концентрация в ВМР в 20P3-3, % | |
|------------|------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|
| | Лаборатория ИТЦ | Расчетная | Лаборатория ИТЦ | Расчетная |
| 01.01.2022 | 17.5 | 16.8 | 51.5 | 51.1 |
| 02.01.2022 | 16.5 | 15.9 | 59.5 | 60 |
| 03.01.2022 | 17.0 | 16.6 | 60 | 60.4 |
| 04.01.2022 | 17.5 | 16.8 | 61,0 | 61.3 |

Сравнительная таблица измерения концентраций ВМР, нитка №3.

Так же проводится проверка и корректировка виртуальных расходомеров низкоконцентрированного ВМР из 10Р-1 в линию НГК в 20Р-3 (Рис.11). Так как поток низкоконцентрированного ВМР из 10Р-1 после расходомера Micro Motion разделяется на два потока, один в 10ДР-1, второй в линию НГК в 20Р-3, чтобы проверить и при необходимости откалибровать виртуальный расходомер на линии НГК в 20Р-3 задвижкой КлЗ 3, перекрывается подача ВМР из 10Р-1 в дегазатор 10ДР-1, таким образом, весь поток низкоконцентрированного ВМР идет исключительно в линию НГК в 20Р-3. Далее изменяя положение клапана-регулятора Кр4, сверяем показания расходомера Micro Motion с показаниями виртуального расходомера, в случае значительного отклонения производится корректировка и повторная проверка виртуального расхода во всем диапазоне работы клапана-регулятора Кр4.



низкоконцентрированного ВМР из 10Р-1 в НГК

Так же, лабораторией ИТЦ, были произведены замеры содержания метанола в нестабильном газовом конденсат на выходе в магистральный конденсатопровод. Протокол с результатами измерений приведен на рис.12. Процентное содержание метанола составило **0.32 %**.

Заполярная лаборатория химического анализа
филиал Инженерно-технический центр
ООО «Газпром добыча Ямбург»
Юридический адрес лаборатории: 629306, Ямало-Ненецкий АО,
г. Новый Уренгой, ул. Геологоразведчиков, 9

ПРОТОКОЛ № 4-58/4
количественного химического анализа
от 04 января 2022 года

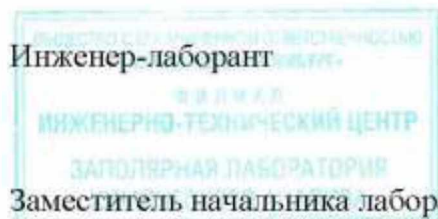
Объект КХА: Конденсат газовый нестабильный
Заказчик: УКПГ-1В НГДУ ООО «Газпром добыча Ямбург»
Место отбора проб: УКПГ-1В ЗНГКМ Узел учета конденсата
Дата отбора проб: 04.01.2022
Дата приема проб: 04.01.2022
Дата проведения КХА: 04.01.2022

Номер пробы: 4-58/4

| № п/п | Наименование показателя | Норма | Метод испытания | Результат определения |
|-------|---------------------------------|----------------|----------------------|-----------------------|
| 1 | Массовое содержание метанола, % | не нормируется | СТО Газпром 5.7-2007 | 0,32 ± 0,11 |

Примечания

- 1 Проба отобрана представителем заказчика.
- 2 Сведения о пробе - по данным акта отбора проб.



E. I. Polyakova

Е.И. Полякова

V. A. Borisova

В.А. Борисова

Рис.12- протокол ИТЦ. Массовое содержание метанола в НГК

Этап 2: После проведения всех измерений был включен поиск оптимального расхода ВМР в НГК, для максимального извлечения метанола из НГК, на технологической нитке №1. На рис.13 приведены графики основных параметров при поиске оптимального расхода низкоконцентрированного ВМР.

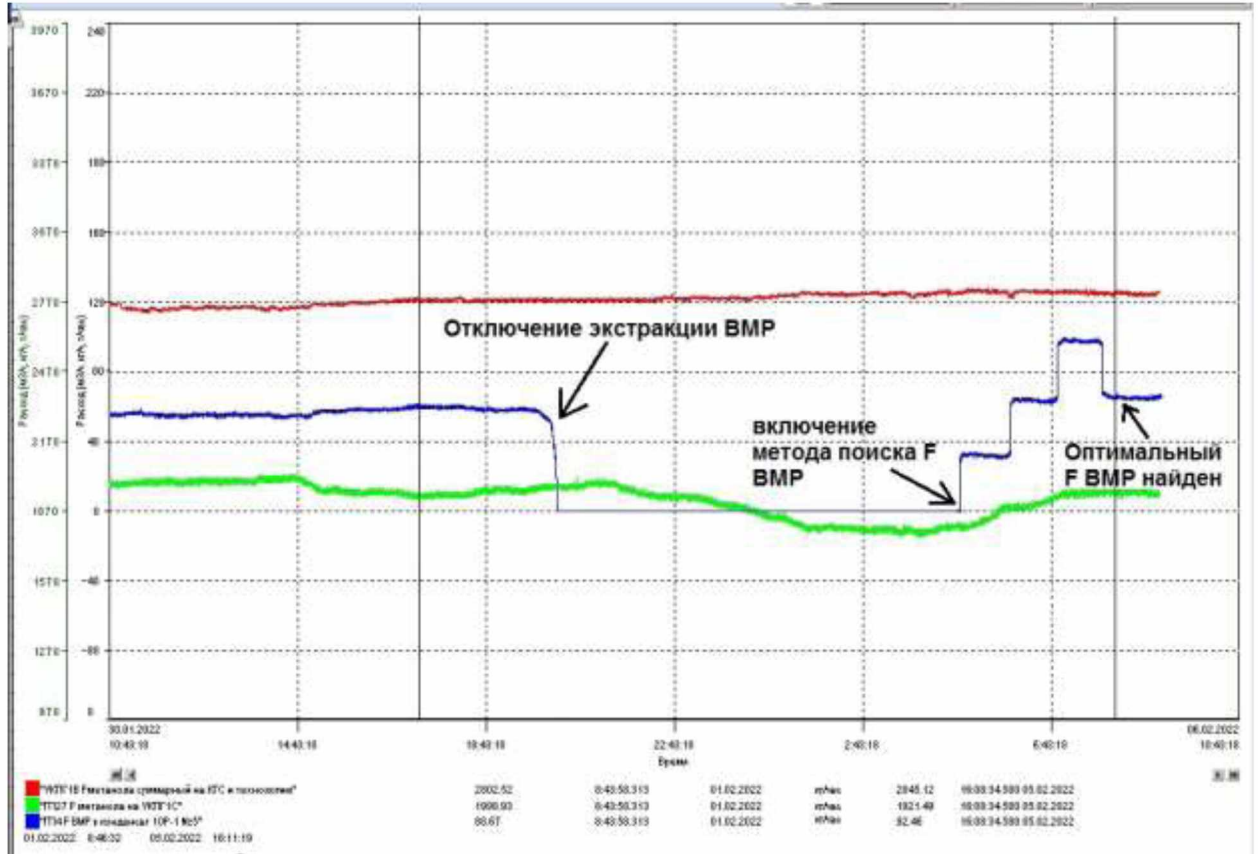


Рис.13 – Работа метода поиска оптимального расхода низкоконцентрированного ВМР в НГК

После включения алгоритма на рис.14, видим процентное увеличение метанола в ВМР, перекачиваемого на регенерацию.

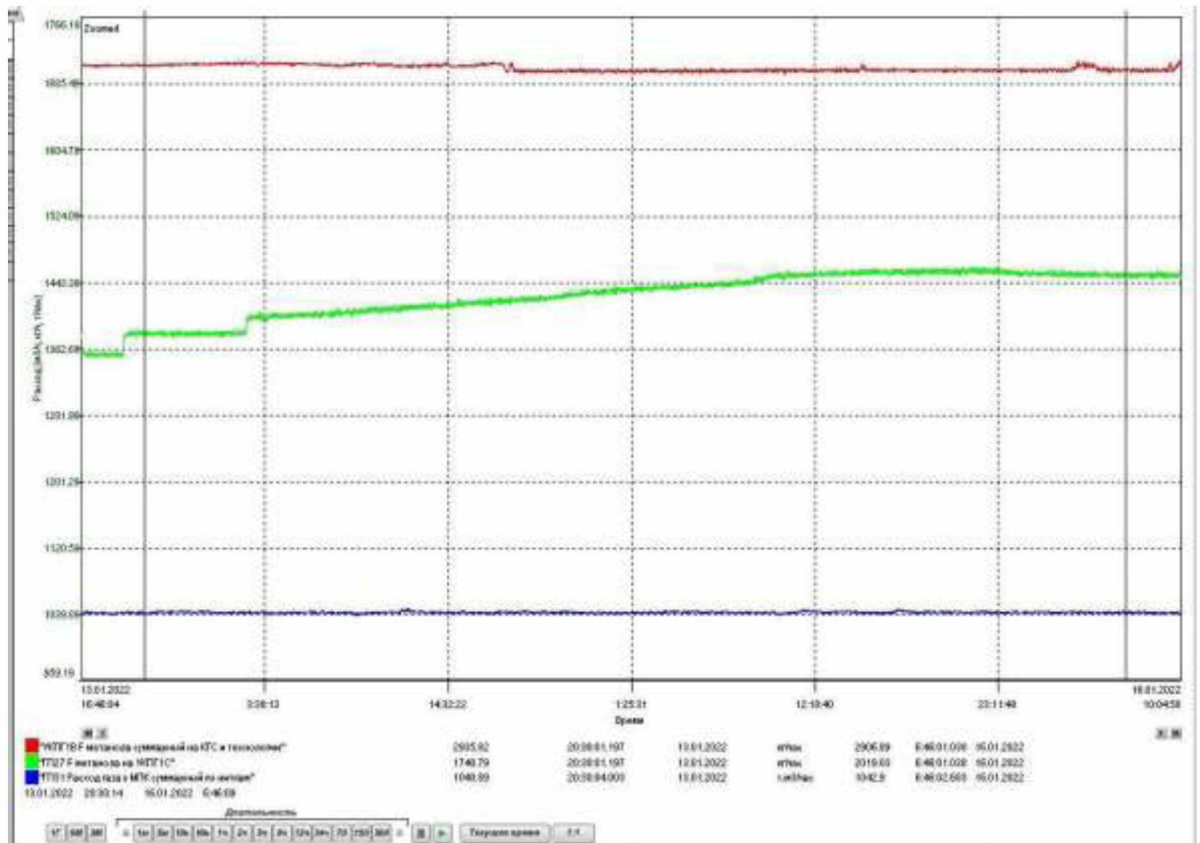


Рис.14- График роста количества метанола в перекачиваемом ВМР на регенерацию

Затем были произведены замеры содержания метанола в нестабильном газовом конденсат на выходе в магистральный конденсатопровод. Протокол с результатами измерений приведен на рис.15. Процентное содержание метанола составило **0.21 %**.

Заполняющая лаборатория химического анализа
филиал Инженерно-технический центр
ООО «Газпром добыча Ямбург»
Юридический адрес лаборатории: 629306, Ямало-Ненецкий АО,
г. Новый Уренгой, ул. Геологоразведчиков, 9

ПРОТОКОЛ № 4-278/4
количественного химического анализа
от 15 января 2022 года

Объект КХА: Конденсат газовый нестабильный
Заказчик: УКПГ-1В НГДУ ООО «Газпром добыча Ямбург»
Место отбора проб: УКПГ-1В ЗНГКМ Узел учета конденсата
Дата отбора проб: 15.01.2022
Дата приема проб: 15.01.2022
Дата проведения КХА: 15.01.2022

Номер пробы: 4-278/4

| № п/п | Наименование показателя | Норма | Метод испытания | Результат определения |
|-------|---------------------------------|----------------|----------------------|-----------------------|
| 1 | Массовое содержание метанола, % | не нормируется | СТО Газпром 5.7-2007 | 0,21 ± 0,07 |

Примечания

- 1 Проба отобрана представителем заказчика.
- 2 Сведения о пробе - по данным акта отбора проб.

Инженер-лаборант
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ЗАПОЛНЯЮЩАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
Начальник лаборатории



С.Е. Хаменская



П.А. Мизин

Дата выдачи протокола 15 января 2022 года

Рис.15- протокол ИТЦ. Массовое содержание метанола в НГК

Этап 3: После проведения всех измерений включили поиск оптимального расхода ВМР в НГК, для максимального извлечения метанола из НГК, на технологической нитке №2. После окончания все переходных процессов были произведены замеры содержания метанола в нестабильном газовом конденсат на выходе в магистральный конденсатопровод. Протокол с результатами измерений приведен на рис.16. Процентное содержание метанола составило **0.19 %**.

Заполярная лаборатория химического анализа
филиал Инженерно-технический центр
ООО «Газпром добыча Ямбург»
Юридический адрес лаборатории: 629306, Ямало-Ненецкий АО,
г. Новый Уренгой, ул. Геологоразведчиков, 9

ПРОТОКОЛ № 4-396/4
количественного химического анализа
от 22 января 2022 года

Объект КХА: Конденсат газовый нестабильный

Заказчик: УКПГ-1В НГДУ ООО «Газпром добыча Ямбург»

Место отбора проб: УКПГ-1В ЗНГКМ Узел учета конденсата

Дата отбора проб: 22.01.2022

Дата приема проб: 22.01.2022

Дата проведения КХА: 22.01.2022

Номер пробы: 4-396/4

| № п/п | Наименование показателя | Норма | Метод испытания | Результат определения |
|-------|---------------------------------|----------------|----------------------|-----------------------|
| 1 | Массовое содержание метанола, % | не нормируется | СТО Газпром 5.7-2007 | 0,19 ± 0,06 |

Примечания

1 Проба отобрана представителем заказчика.

2 Сведения о пробе - по данным акта отбора проб.

Инженер-лаборант
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ЗАПОЛЯРНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
Начальник лаборатории



С.Е. Хаменская



П.А. Мизин

Рис.16- протокол ИТЦ. Массовое содержание метанола в НГК

Вывод: После анализа полученных данных, стало очевидно, что разработанный метод извлечения метанола из НГК показал высокую эффективность, что позволяет значительно сократить потери метанола на установке, а так же повысить качество подаваемого НГК в МКП.

Заключение

Разработанные и внедренные инновационные методы автоматического управления технологическими процессами на газоконденсатном промысле 1В Заполярного НГКМ ООО «Газпром добыча Ямбург» обеспечивают оптимальное извлечение метанола из нестабильного газового конденсата. Лабораторные замеры подтвердили эффективность данных методов. В период работы над поставленной задачей были получены три патента. Экономический эффект от экономии метанола за первый год использования внедренных инновационных методов составил 2 220 929 рублей (Приложение 1).

Список используемой литературы

1. ОСТ 51.40-93 «Газы горючие природные, поставляемые и транспортируемые по магистральным газопроводам».
2. Билалов Р.Н. Оптимизация расхода метанола // Вопросы технических наук в свете современных исследований: сб. ст. по матер. II-III междунар. науч.-практ. конф. №2-3 (2). - Новосибирск: СибАК, 2017. - С. 76-80.
3. Патент № 2709119 РФ. Способ оптимизации процесса отмывки ингибитора из нестабильного газового конденсата на установках низкотемпературной сепарации газа / Арно О.Б., Арабский А.К., Гункин С.И., Железный С.П. и др. Заявл. 10.06.2019, опубл. 16.12.2019. Бюл. № 35. Заявитель и патентообладатель ООО «Газпром добыча Ямбург».
4. Патент № 2743711 РФ. Способ оптимизации процесса отмывки ингибитора из нестабильного газового конденсата на установках низкотемпературной сепарации газа нефтегазоконденсатных месторождений севера РФ / Арно О.Б., Арабский А.К., Гункин С.И., Железный С.П. и др. Заявл. 14.07.2020, опубл. 24.02.2021. Бюл. № 6. Заявитель и патентообладатель ООО «Газпром добыча Ямбург».
5. Патент № 2743726 РФ. Способ оптимизации процесса отмывки ингибитора из нестабильного газового конденсата на установках низкотемпературной сепарации газа нефтегазоконденсатных месторождений севера РФ / Арно О.Б., Арабский А.К., Гункин С.И. и др. Заявл. 14.07.2020, опубл. 25.02.2021. Бюл. № 6. Заявитель и патентообладатель ООО «Газпром добыча Ямбург».
6. Чугаев Р.Р. Гидравлика: Учебник для ВУЗов / Р.Р. Чуаев. - Л.: Энергия, 1982. - 181 с.

7. Издание «Таблицы для определения содержания этилового спирта в водно-спиртовых растворах». Том 1. Москва ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ 1999 год.
8. Химическая энциклопедия. Под ред. И.Л. Кнунянца. Т. 3. - М.: Советская энциклопедия, 1992. С. 118.

Приложение

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер НГДУ
ООО "Газпром добыча Ямбург"

 М.Н. Макшаев

« 6 » 06 20 18 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

о новизне, наличии или отсутствии оснований для установления режима коммерческой тайны и (или) иной конфиденциальной информации в отношении рационализаторского предложения или целесообразности преобразования РП в заявку на выдачу патента

Название РП:

Монтаж массовых расходомеров на линии ВМР блоков разделителя 20Р-3 поз.19 УКПГ-1В ЗНГКМ

Регистрация РП: №768/НГДУ/ГП-1В от 1 июня 2018 г.

Авторы:

И.Н. Бабич, Д.И. Датков, С.П. Железный, В.Л. Пономарев, И.В. Смердин, А.Ю. Тропынин,
А.В. Уткин, М.Р. Хамидуллин

| № п/п | Наименование | Решение | Заключение |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------|
| 1 | Заключение о новизне (Представлено в бланке экспертной оценки руководителя подразделения, в котором планируется использование предложения) | См. экспертную оценку | |
| 2 | Средний балл экспертной оценки, ед. (указывается с точностью 2-х знаков после запятой) | 28,67 | |
| 3 | Средний балл полезности, СБ _п (указывается с точностью 2-х знаков после запятой) | 3,67 | |
| 4 | Наличие оснований для установления режима коммерческой тайны и (или) иной конфиденциальной информации | Основания отсутствуют | |
| 5 | Целесообразность преобразования рационализаторского предложения в заявку на выдачу патента | Не целесообразно | |

Начальник ПТО НГДУ

 А.В. Минаев

Уполномоченный по РД НГДУ

 В.А. Поберей

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Фактический экономический эффект в сумме

1 220 929 (два млн девять

(цифрами и прописью)

ста тысяч тристадвадцать девять)

руб.

Заместитель генерального директора по
Экономике и финансам

ООО «Газпром добыча Ямбург»

А. В. Каширов« 22 » 12 (подпись) (ФИО) 2021 г.Главный инженер – первый заместитель
генерального директора

ООО «Газпром добыча Ямбург»

В. В. Маисеев« 24 » 12 (подпись) (ФИО) 2021 г.

РАСЧЕТ

фактического экономического эффекта
от использования рационализаторского предложения
за период с «01» января 2020 г. по «31» декабря 2020 г.

№ 1730/УАиМО/САП от «18» октября 2018г.

Наименование рационализаторского предложения: «Обеспечение максимального
извлечения метанола из нестабильного газового конденсата на установках
низкотемпературной сепарации газа»

Начальник ЛЭА ф.ИТЦ

Ю.А. Ветошкин

(ф.и.о.)

(подпись)

« 24 » 12 2021 г.

Начальник ПрОДПТТКиН

М.М. Партилов

(ф.и.о.)

(подпись)

« 06 » 06 2021 г.

Начальник ТО

А.Л. Агеев

(ф.и.о.)

(подпись)

« 22 » 12 2021 г.

Начальник ПрОАиМО

О.В. Иванов

(ф.и.о.)

(подпись)

« 23 » 04 2021 г.

Начальник ф.НГДУ

О.С. Хасанов

(ф.и.о.)

(подпись)

« 20 » 04 2021 г.

Начальник ф.УАиМО

С.И. Гункин

(ф.и.о.)

(подпись)

« 01 » 04 2021 г.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2709119

**СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОТМЫВКИ
ИНГИБИТОРА ИЗ НЕСТАБИЛЬНОГО ГАЗОВОГО
КОНДЕНСАТА НА УСТАНОВКАХ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СЕПАРАЦИИ ГАЗА**

Патентообладатель: *Общество с ограниченной ответственностью
"Газпром добыча Ямбург" (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № 2019118019

Приоритет изобретения 10 июня 2019 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 16 декабря 2019 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 10 июня 2039 г.



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Налиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2743711

**СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОТМЫВКИ
ИНГИБИТОРА ИЗ НЕСТАБИЛЬНОГО ГАЗОВОГО
КОНДЕНСАТА НА УСТАНОВКАХ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СЕПАРАЦИИ ГАЗА
НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
СЕВЕРА РФ**

Патентообладатель: *Общество с ограниченной ответственностью
"Газпром добыча Ямбург" (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № 2020124471

Приоритет изобретения 14 июля 2020 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 24 февраля 2021 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 14 июля 2040 г.



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Иванев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2743726

**СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОТМЫВКИ
ИНГИБИТОРА ИЗ НЕСТАБИЛЬНОГО ГАЗОВОГО
КОНДЕНСАТА НА УСТАНОВКАХ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СЕПАРАЦИИ ГАЗА
НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
СЕВЕРА РФ**

Патентообладатель: *Общество с ограниченной ответственностью
"Газпром добыча Ямбург" (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № 2020124474

Приоритет изобретения 14 июля 2020 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 25 февраля 2021 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 14 июля 2040 г.



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Изrael