Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«САНКТ–ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»

Тема
выпускной квалификационной работы:

«Автоматизация процесса сепарации попутного нефтяного газа»

Работу выполнил: студент группы 7-548 Лисицин Антон Александрович,
Руководитель: к.т.н., доцент Ковалев Дмитрий Александрович

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

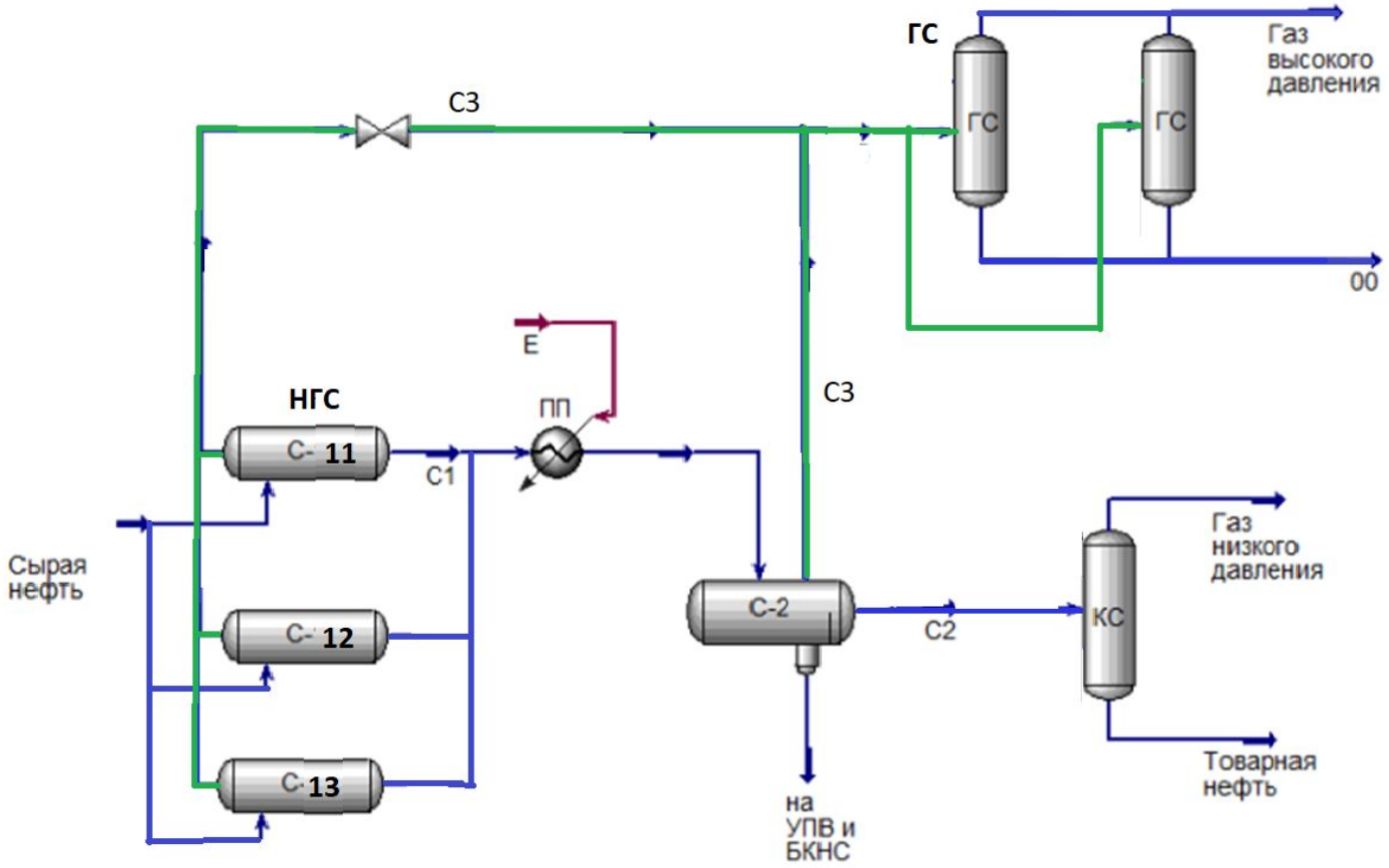
Актуальность темы выпускной квалификационной работы обусловлена введением федерального закона № 216–ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности…» от 2009 г. , который стимулирует рост программы энергосбережения российской газонефтепромышленности.

Переработка попутного нефтяного газа (ПНГ) для производства газонефтехимической продукции является наиболее рациональным способом его использования и для транспорта газа необходима его обработка в сепараторах.

В настоящее время системы автоматики нефтегазовых сепараторов не обеспечивают необходимой производительности по газу, и газовыделение осуществляется недостаточно эффективно.

Поэтому тема данной выпускной квалификационной работы актуальна и посвящена разработке автоматизированной системы управления (АСУ) сепарацией попутного газа с разработкой САУ температурой в газосепараторе с целью стабилизации показателей качества газа, поступающего к потребителям, ресурсосбережения и повышения надежности и экономичности системы.

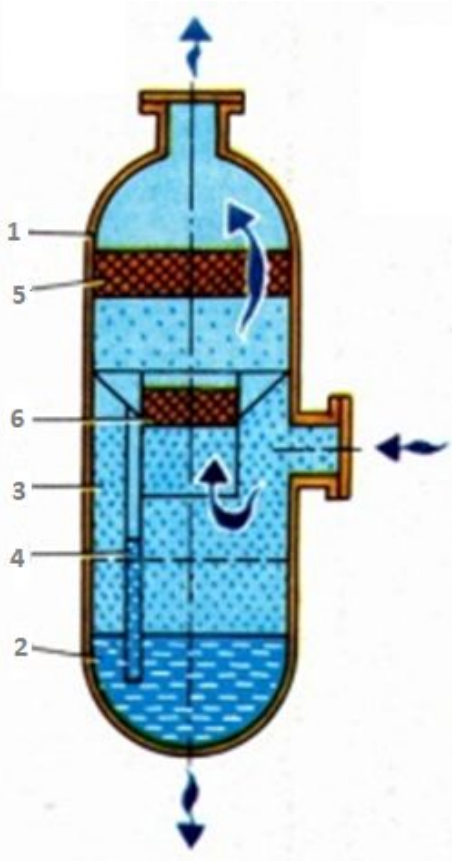
Технологическая схема процесса сепарации попутного нефтяного газа



Технологическая схема сепарации ПНГ на установке подготовки нефти, где:
С-11, С-12, С-13 – нефтегазосепараторы 1й ступении типа НГС;
С-2 – нефтегазосепаратор 2й ступени типа НГС;
ГС – нефтегазосепараторы типа ГС;
потоки С1 - газоводонефтяная смесь, С2, С3 – попутный нефтяной газ

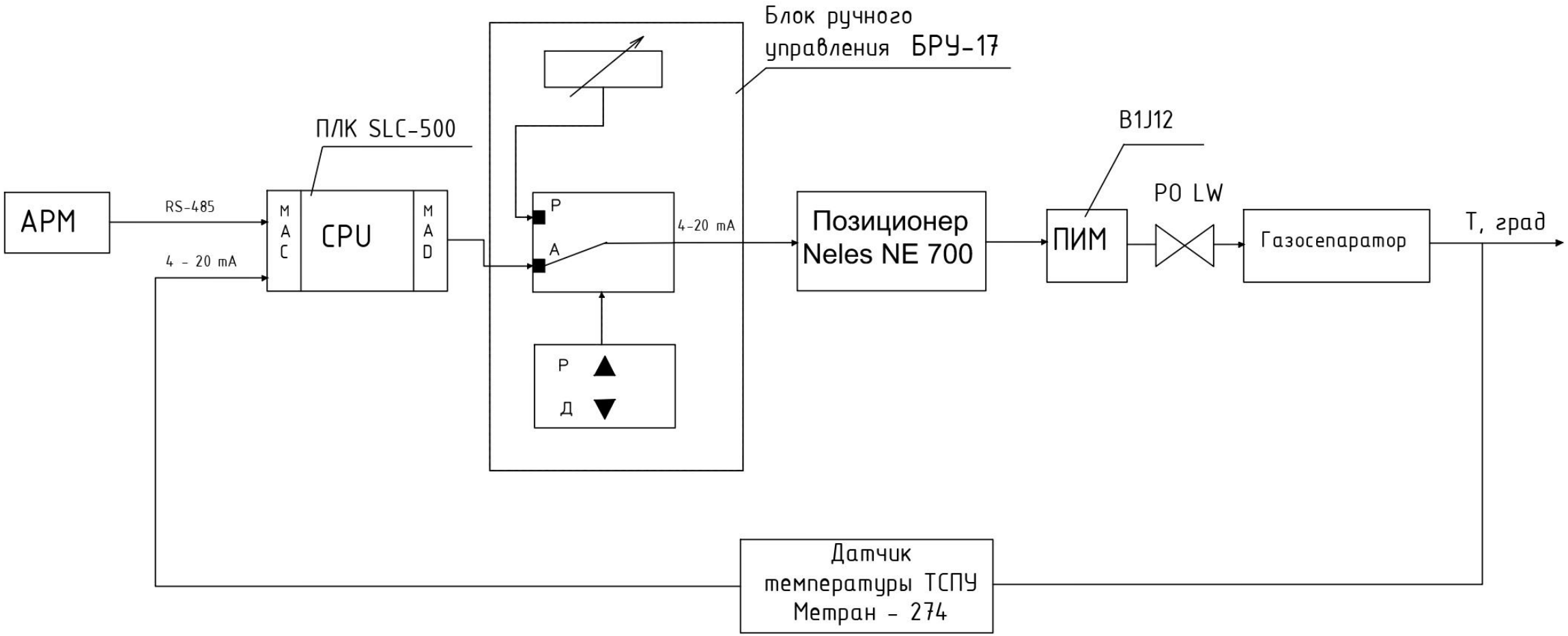
Технические характеристики газосепаратора

Параметры	Ед. измерения	Диапазон регулиро-вания	Точность
Давление в ГС	МПа	0,5 ÷ 0,6	0,1%
Давление газа на выходе из ГС	МПа	0, 55	0,1%
Уровень жидкости	м	0,1 ÷ 0,5	0,1%
Расход ПНГ	т/ч	2400÷2500	0,5 %
Расход газа	т/ч	2258 ± 10	0,5 %
Расход жидкой фазы	т/ч	1874 ± 5	0,5 %
Температура газа на выходе из ГС	^{0}C	35 ÷ 40	0,5 %
Состав и влажность газа на выходе из ГС	%	0,1 ÷ 3	0,05 %



1 – корпус; 2 – сборник жидкости; 3 – секция предварительной гравитационной сепарации; 4 – сливная труба с гидрозатвором секции тонкой сепарации; 5 – сетчатая насадка; 6 – сетчатый коагулятор

Техническая структура АСР температуры сепарации газа в газосепараторе



Технические средства АСР температуры сепарации газа в газосепараторе

Электропневматический позиционер Neles NE700

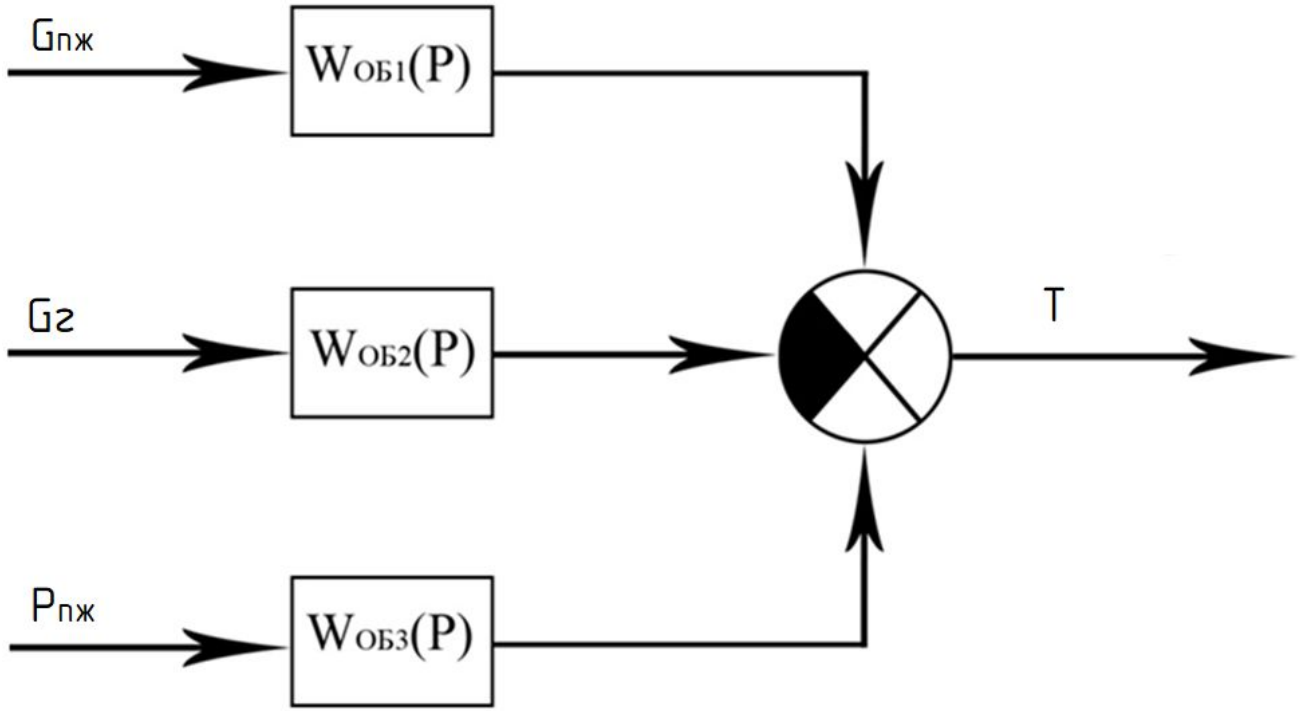
Клапан серии LW с ПИМ B1J12

ПЛК SLC-500 компании «Allen Bradley», где:

1. Модуль процессора - SLC 5/04 1747 L542;
2. Модуль питания - 1746-P2;
3. Модуль аналоговых входов - 1746-NI16l;
4. Модуль дискретных выходов - 1746-IB16.

Датчик температуры пара Метран–ТСПУ–274:
Диапазон от 0 до +150 °С,
Погрешность 0,25%

Математическая модель объекта управления



Gпж – расход газожидкостной смеси ПНГ;

Gг – расход газа от сепаратора;

Pпж – давление газожидкостной смеси ПНГ;

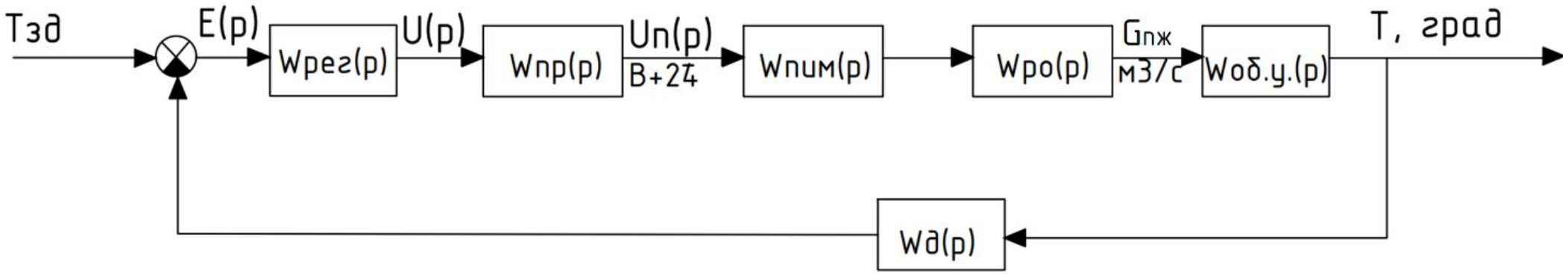
$W_{ОБ1}(P)$, $W_{ОБ2}(P)$, $W_{ОБ3}(P)$ – передаточные функции по каналам расхода газожидкостной смеси ПНГ, расход газа от сепаратора и давления газожидкостной смеси ПНГ соответственно.

Передаточная функция объекта управления по каналу управления

“**Изменение расхода газожидкостной смеси, поступающей в газосепаратор $\Delta G_{ПЖ}$ - Температура в газосепараторе ΔT**”

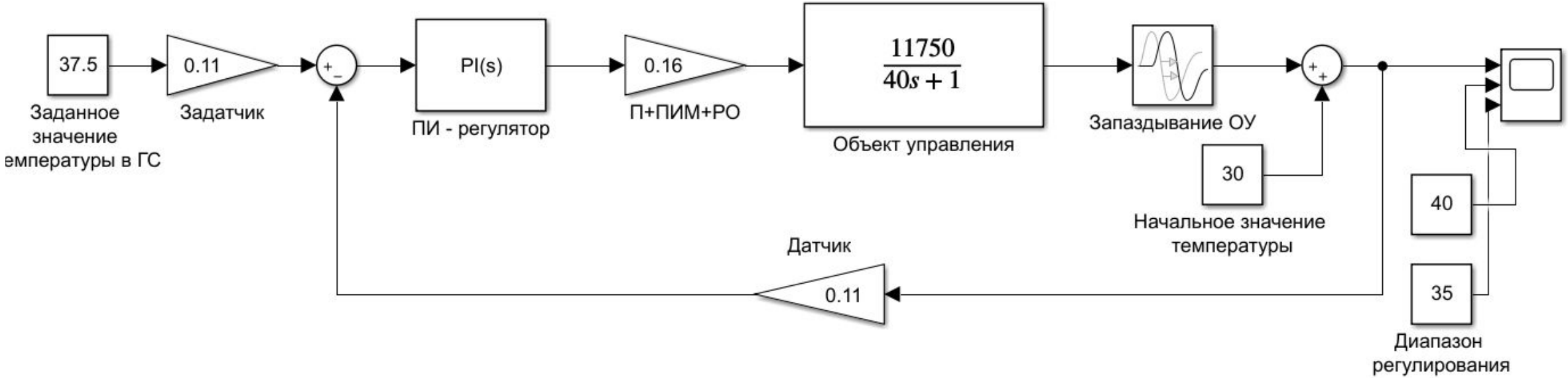
$$W_{об}(p) = \frac{11750}{40 \cdot p + 1} \cdot e^{-10p}$$

Алгоритмическая структурная схема АСР температуры сепарации газа в газосепараторе



$W_{рег}(p)$ - передаточная функция регулятора;
$W_{пр}(p)$ - передаточная функция преобразователя;
$W_{пим}(p)$ - передаточная функция пневматического исполнительного механизма;
$W_{ро}(p)$ - передаточная функция регулирующего органа;
$W_{д}(p)$ – передаточная функция датчика температуры;
$W_{об.у}(p)$ - передаточная функция объекта;
Gпж – расход газожидкостной смеси ПНГ;
Тзд, Т – заданная и фактическая температура сепарации газа в газосепараторе.

Схема моделирования АСР температуры сепарации газа в газосепараторе в Simulink



Выбор настроек регулятора АСР температуры сепарации газа в газосепараторе

Для аналоговой АСР температуры сепарации газа в газосепараторе передаточная функция ПИ - регулятора будет иметь вид:

$$W_{ПИ}(P) = К_р \cdot (1 + \frac{1}{Ти \cdot р}) = К_р + \frac{К_i}{р},$$

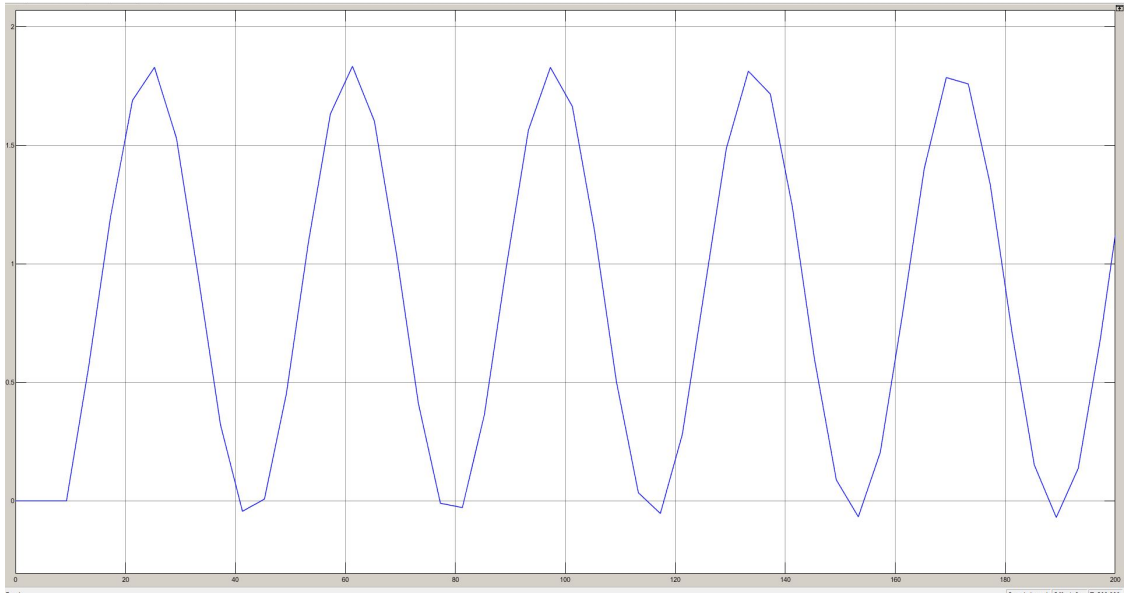
Определим параметры настройки ПИ - регулятора методом незатухающих колебаний при Ккр = 0,00388 и Ткр = 30,5 с

$$K_P = 0{,}45 \cdot K_{кр}$$

ТИ=Ткр/1,2

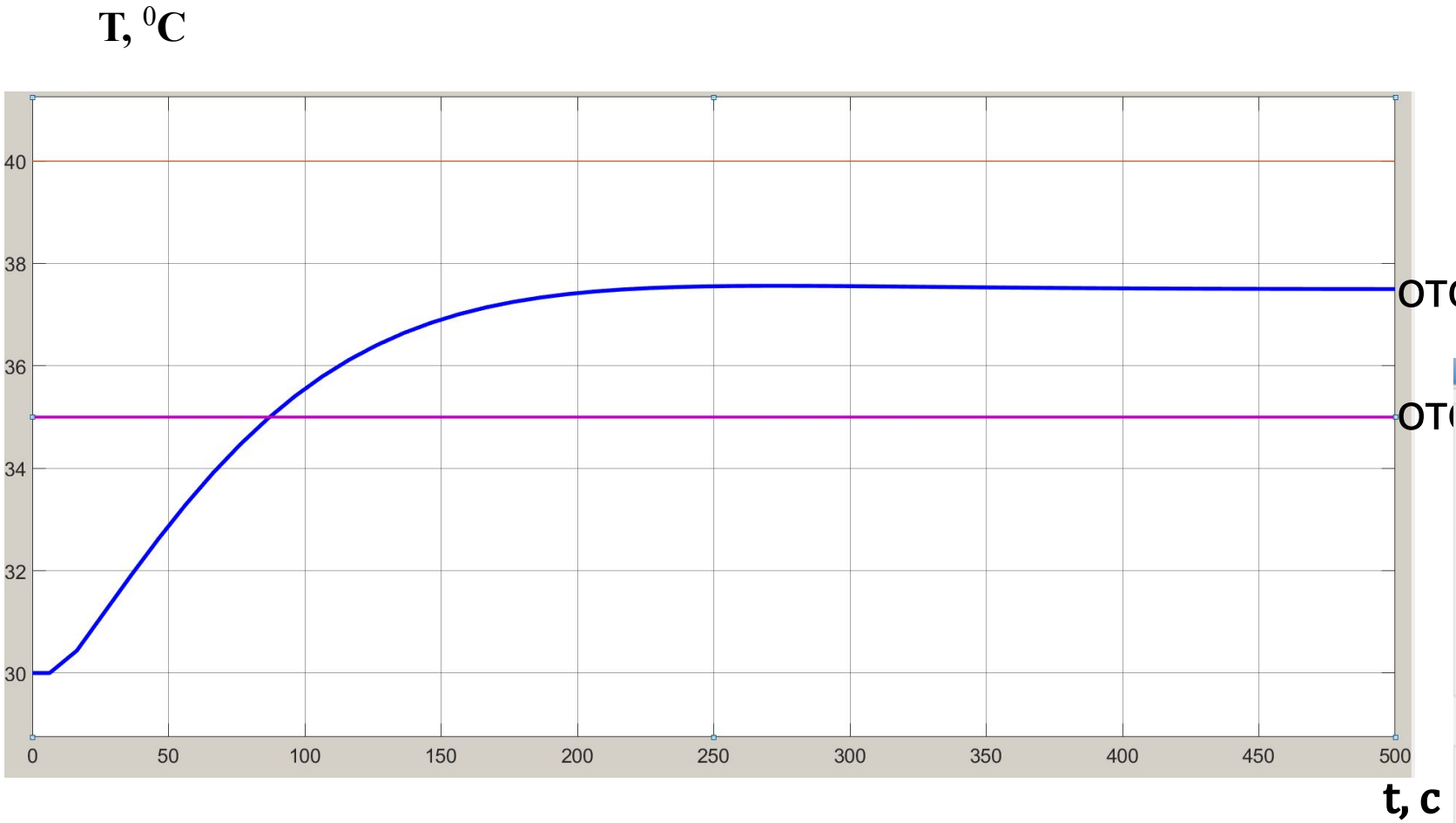
Тогда передаточная функция ПИ - регулятора имеет вид:

$$W_{ПИ}(P) = \frac{0{,}0017 \cdot (25{,}417р+1)}{25{,}417р} = 0{,}0017 + \frac{0{,}0000669}{р}.$$



Переходная характеристика АСР температуры сепарации газа в газосепараторе на границе устойчивости при Ккр = 0,00385

Анализ качества управления АСР температуры сепарации газа в газосепараторе



Переходная характеристика АСР температуры сепарации в газосепараторе в диапазоне регулирования ± 2,5 ^{0}C

Показатели качества системы управления:

- время регулирования 85 с;
- статическая ошибка отсутствует;
- перерегулирование от

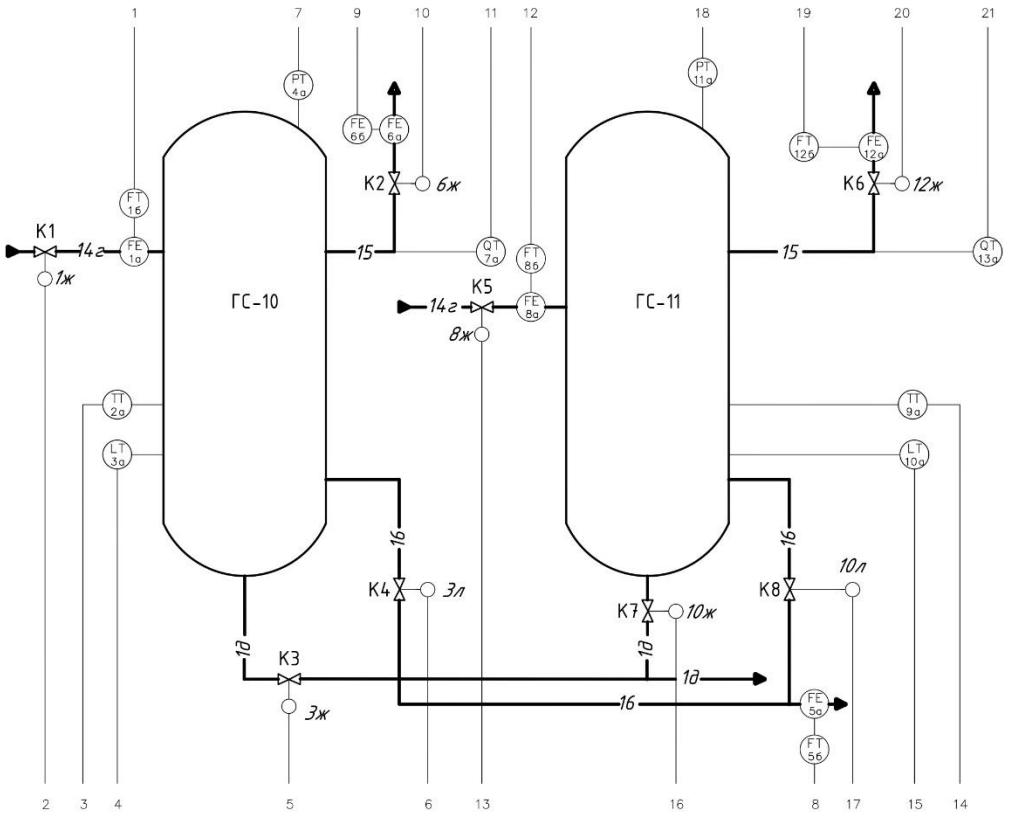
Controller Parameters

	Tuned	Block
P	0.0017	0.12
I	0.0000669	0.0043
D	n/a	n/a
N	n/a	n/a

Performance and Robustness

	Tuned	Block
Rise time	27,2 seconds	30.7 seconds
Settling time	85 seconds	95 seconds
Overshoot	0 %	5 %
Peak	1	1.05
Gain margin	10.8 dB @ 0.526 rad/s	24.5 dB @ 0.487 rad/s
Phase margin	65 deg @ 0.151 rad/s	65.8 deg @ 0.0466 rad/s
Closed-loop stability	Stable	Stable

Функциональная схема автоматизации процесса сепарации попутного нефтяного газа

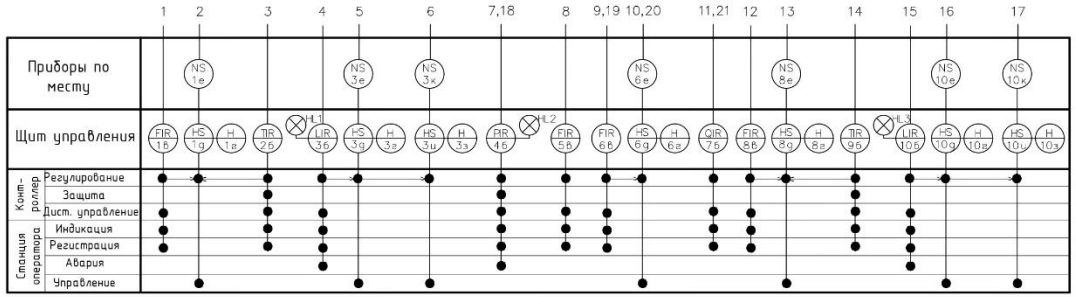


Экспликация технологического оборудования

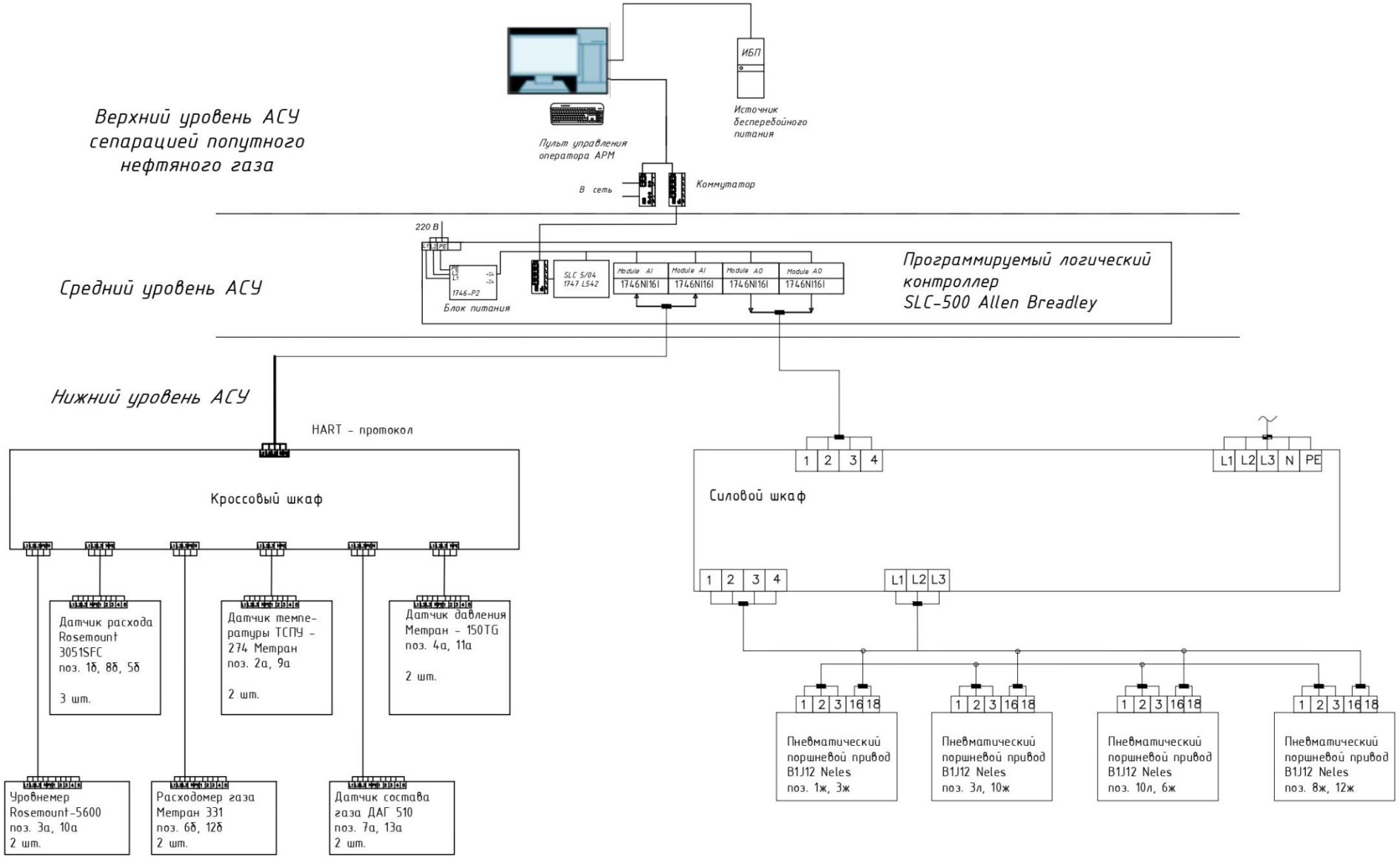
Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
ГС-10,11	Газосепаратор	2	

Экспликация технологических трубопроводов

Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
1д	Дренаж		
16	Жидкость		
14г	Газожидкостная фаза попутного нефтяного газа		
15	Газ		



Техническая структура АСУ сепарацией попутного нефтяного газа



Спецификация технических средств автоматизации АСУ сепарацией попутного нефтяного газа

Поз.	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка	Завод	Ед. изм.	Кол-во
TT 2а, 9а	Термометр сопротивления медный, 0,25% погрешность	ТСПУ-Метран 274	ЗАО "Метран" г. Челябинск	шт.	2
FT 6б, 12б	Расходомер многопараметрический для газа. Выходной сигнал 4-20 мА.	Метран - 331	Emerson ПГ "Метран" г. Челябинск	шт.	2
FT 1б, 5б, 8б,	Расходомер вихревой Выходной сигнал 4-20 мА.	Rosemount 3051SFC	Emerson ПГ "Метран" г. Челябинск	шт.	3
PT 4а, 11а	Датчик давления, сигнализирующий, верхний предел измерения 16 МПа, выходной сигнал 4-20 мА	Метран-150 TG	ПГ "Метран" г. Челябинск	шт.	2
LT 3а, 10а	Уровнемер, 4-20 мА, 0,25 % погрешность	Rosemount - 5600	Emerson ПГ "Метран" г. Челябинск	шт.	2
QT 7а, 13а	Газоанализатор, погрешность 0,1 %	ДАГ-510	ПЭ Энергоснаб-комплект	шт.	2
HS 1д, 3д, 3и, 6д, 8д, 10д, 10и	Переключение с автоматического режима управления на ручной и обратно.	БРУ-17	«АБС ЗЭиМ Автомати-зация»	шт.	8
NS 1е, 3е, 3к, 8е, 10е, 10к	Электропневматический позиционер	Neles NE700	Neles	шт.	8
1ж, 3ж, 3л, 10ж, 10л, 6ж, 8ж, 12ж	Механизм пневматический исполнительный	B1J12	MetsoAutomation	шт.	8
	Регулирующий орган клапана	серии LW	Danfoss, Дания	шт.	8
H 1г,3г, 3з, 6г,8г,10г,10з	Кнопка управления	XB2 - BC42	ПЭ Энергоснаб-комплект	шт.	8

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Цель работы – повышение производительности процесса сепарации газа за счет ресурсосберегающего управления температурой в газосепараторе в пределах 37,5 ± 2,5 оС для обеспечения оптимального эффекта сепарации газа и нефти.

В работе:

- проанализирован процесс сепарации попутного нефтяного газа как объекта управления и определены основные контролируемые параметры и сигналы управления АСУ;
- предложена техническая реализация АСР температуры в газосепараторе на базе ПЛК SLC-500 Allen Bradley;
- разработана техническая структура АСУ процесса сепарации попутного нефтяного газа;
- разработана функциональная схема автоматизации процесса сепарации попутного нефтяного газа и спецификация технических средств автоматизации к ней;
- Выполнен анализ разработанной АСР температуры сепарации газа в нефтегазосепараторе методом моделирования в программе Simulink и определены показатели качества АСР.

Предложенная техническая реализация АСР температуры сепарации газа в газосепараторе полностью соответствует требованиям по точности и ресурсосбережению, предъявленным к ней.

Спасибо за внимание!