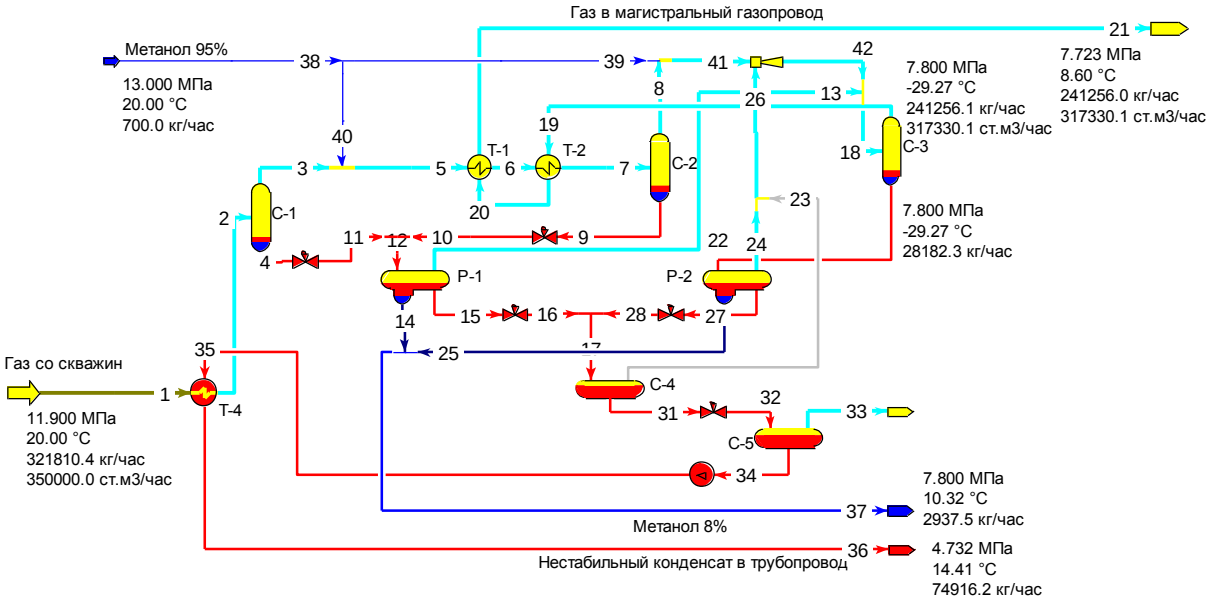
ИНСТРУКЦИЯ

по прогнозированию технологических показателей УКПГ с учётом изменения состава и конденсатного фактора пластовой смеси.

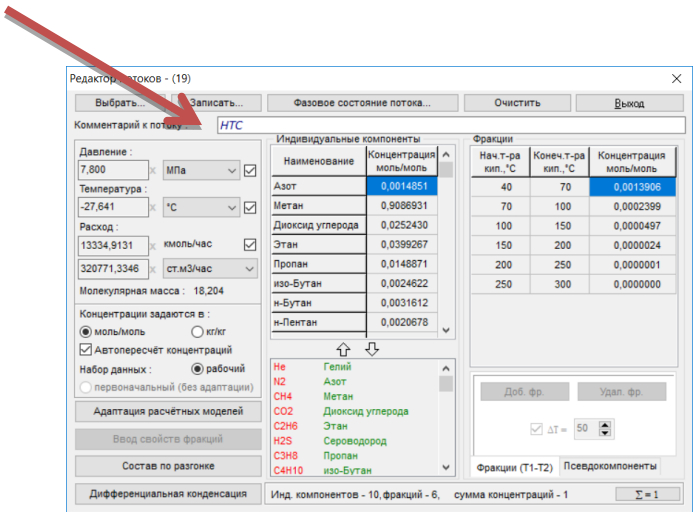
Предположим, необходимо спрогнозировать работу УКПГ с 2020 по 2025 г.г., конкретно, как изменится температура в низкотемпературном сепараторе (НТС, в нижеприведенной схеме поток 19), а также выход товарного газа (поток 21) и конденсата (поток 36).

В среде ПС создаётся графо-аналитическая модель УКПГ, например:



Расчётная схема УКПГ

В редакторе потоков вносим названия этих потоков.

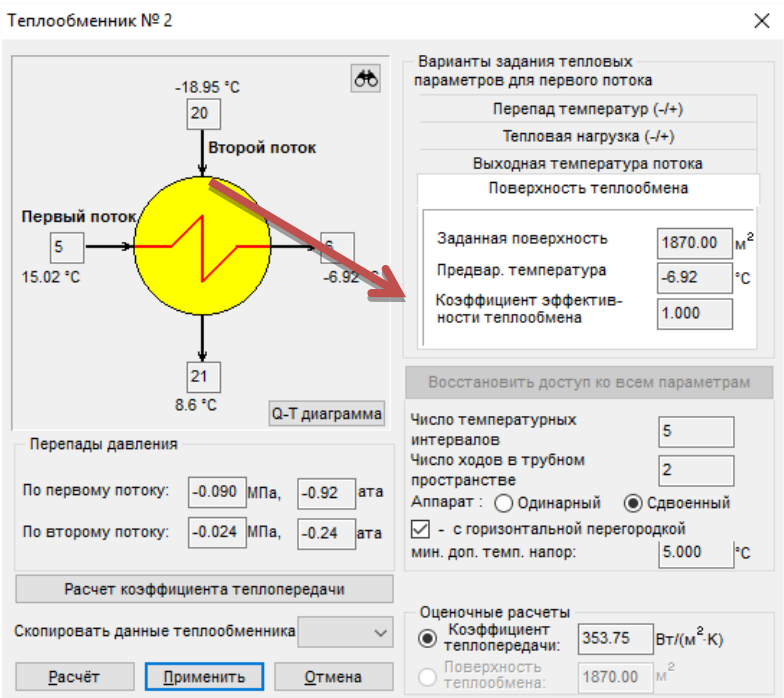


В редакторе потока 21 записываем “Товарный газ”, потока 36 “Нестабильный конденсат”.

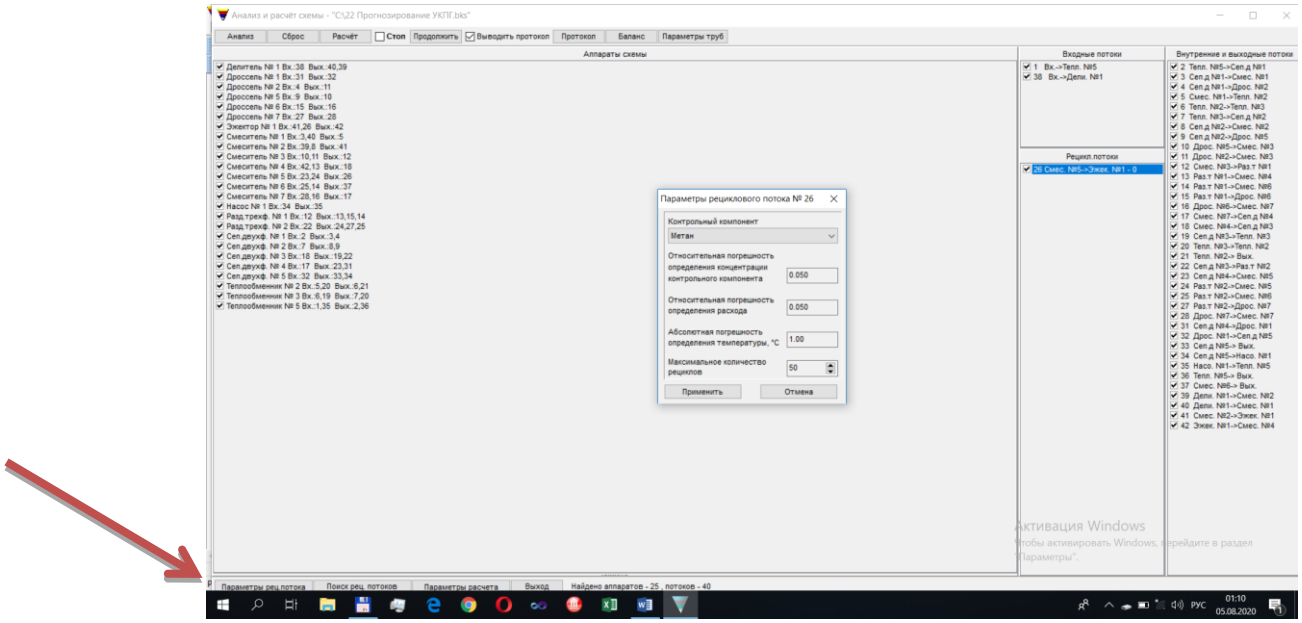
<u>В задаваемых параметрах теплообменников должны быть указаны поверхности</u>.

При указании поверхности в задаваемых параметрах рекуперативных теплообменников, в случае значительного различия массовых расходов теплообменивающихся потоков, первым потоком в схеме и на панели теплообменника желательно назначать поток с меньшим расходом. Это обеспечит лучшую сходимость при определении температур обоих потоков на выходе из теплообменника.

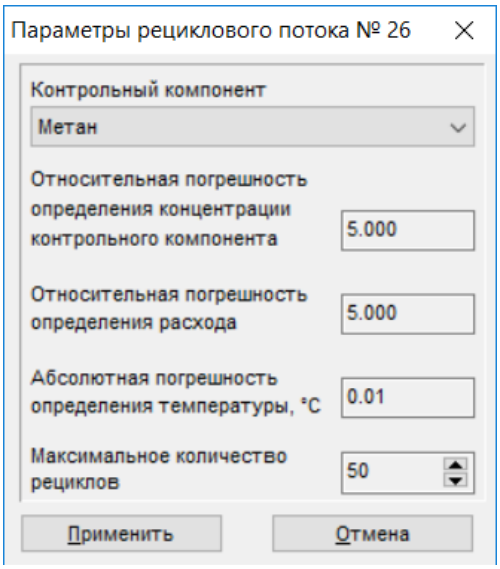
При проектировании новых УКПГ теплообменники выбираются из базы данных (открывается при нажатии на кнопку “Расчёт коэффициентов теплопередачи” в окне “Теплообменник”, подробнее в “О подсистеме теплообмена в ПС ГКН”). В модели действующей УКПГ по паспорту теплообменника находится соответствующий теплообменник в базе, и рассчитанный коэффициент теплопередачи автоматически пересылается в окно “Теплообменник” вместе с указанной поверхностью и рассчитанным гидравлическим сопротивлением. В случае отсутствия установленного теплообменника в базе, последняя пополняется пользователем, что даёт возможность определения коэффициента теплопередачи (с учётом загрязнений, подробнее в упомянутой подсистеме теплообмена). Температурная настройка модели УКПГ к фактическим данным выполняется с использованием как фактора загрязнения, так и “Коэффициента эффективности теплообмена”, учитывающего отклонение реального теплообмена от теоретического и теплообмен с окружающей средой.



В данной схеме УКПГ с рециклом потока 26 температура НТС определяется методом простых итераций путём многократного расчёта схемы. “По умолчанию” параметры сходимости потока 26 таковы:



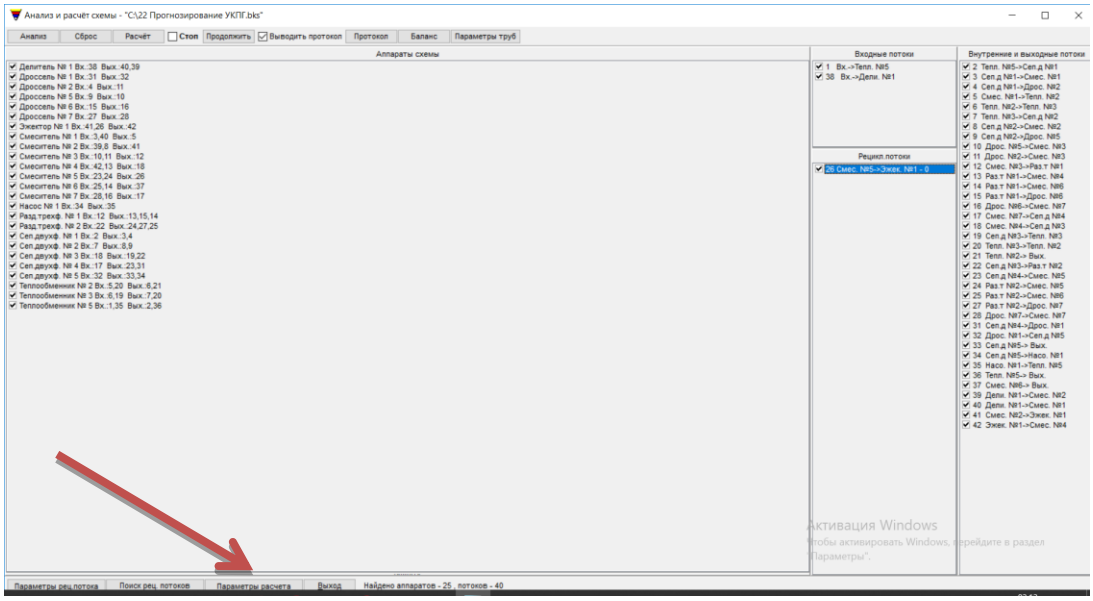
Для данной схемы УКПГ с НТС принимаются следующие условия сходимости (в связи с медленной содимостью по главному параметру - температуре в НТС):

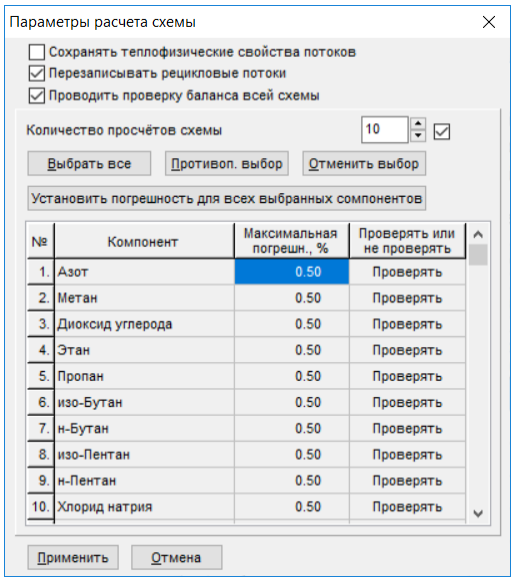


Используются 2 варианта, чтобы добиться сходимости температуры НТС в данной схеме (совпадения температуры в НТС в предыдущем и последующем расчёте схемы):

1. Многократный расчёт схемы многократным нажатием на кнопку “Расчёт” после каждого просчёта схемы и просмотра результатов изменения температуры в НТС.

2. Привлечение окна “Параметры расчёта схемы”. В этом случае достаточно одного нажатия на кнопку “Расчёт” в окне “Анализ и расчёт схемы”, если в окне “Параметры расчёта схемы” (открывается при нажатии на кнопку “Параметры расчёта”) поставить “галочку” справа от строки “Количество просчётов схемы” (рекомендуется 10 просчётов), далее после “Применить” и выхода из этого окна .





Прогнозирование изменения состава сырья осуществляется с помощью моделирования дифференциальной конденсации пластовой смеси при пластовой температуре (в данном примере 80°С) от расчётного давления начала конденсации.

При проектировании УКПГ в начале разработки ГКМ усреднённый компонентно-фракционный состав пластовой газоконденсатной смеси может быть определён с помощью подсистемы моделирования состава пластовых смесей ПС. Для модели действующей УКПГ компонентно-фракционный состав сырья можно рассчитать в ПС с помощью условного смесителя выходных потоков УКПГ.

Предположим, пластовый газ (на схеме поток 1 “Газ со скважин”) имеет следующий состав:

	Схема:	D:\Прогнозирование УКПГ 25 07.bks
	Дата, время:	26.07.20
Поток	**1**	
Комментарий		
Давление, МПа	11.900	
Температура, °С	20.00	
Доля фазы(мольн.): газ(пар)	0.919458	
углевод.жидкость	0.071790	
водный раствор	0.008752	
Состав	мольн.доля	масс.доля
Азот	0.0090048	0.0114038
Метан	0.8157729	0.5916111
Диоксид углерода	0.0018280	0.0036374
Этан	0.0901984	0.1226295
Пропан	0.0242969	0.0484344
изо-Бутан	0.0047218	0.0124078
н-Бутан	0.0102502	0.0269352
изо-Пентан	0.0032979	0.0107581
н-Пентан	0.0040775	0.0133013
Хлорид натрия	0.0002265	0.0005991
Метанол	0.0006909	0.0010009
Вода	0.0086031	0.0070093
фр. 40- 70 °С	0.0044463	0.0168865
фр. 70-100 °С	0.0061849	0.0268452
фр. 100-150 °С	0.0083427	0.0433778
фр. 150-200 °С	0.0041639	0.0269215
фр. 200-250 °С	0.0020487	0.0163025

фр. 250-300 °C	0.0011438	0.0110669
фр. 300-400 °C	0.0007008	0.0088719
Сумма C5+	0.0344065	0.1743316
Уд.содержание C5+, г/ст.м3	160.3	
Расход, кмоль/час	14550.0	
кг/час	321810.4	
ст.м3/час (20°C, 0.1013 МПа)	349999.99	
м3/час	2111.77	
Мол.масса	22.12	

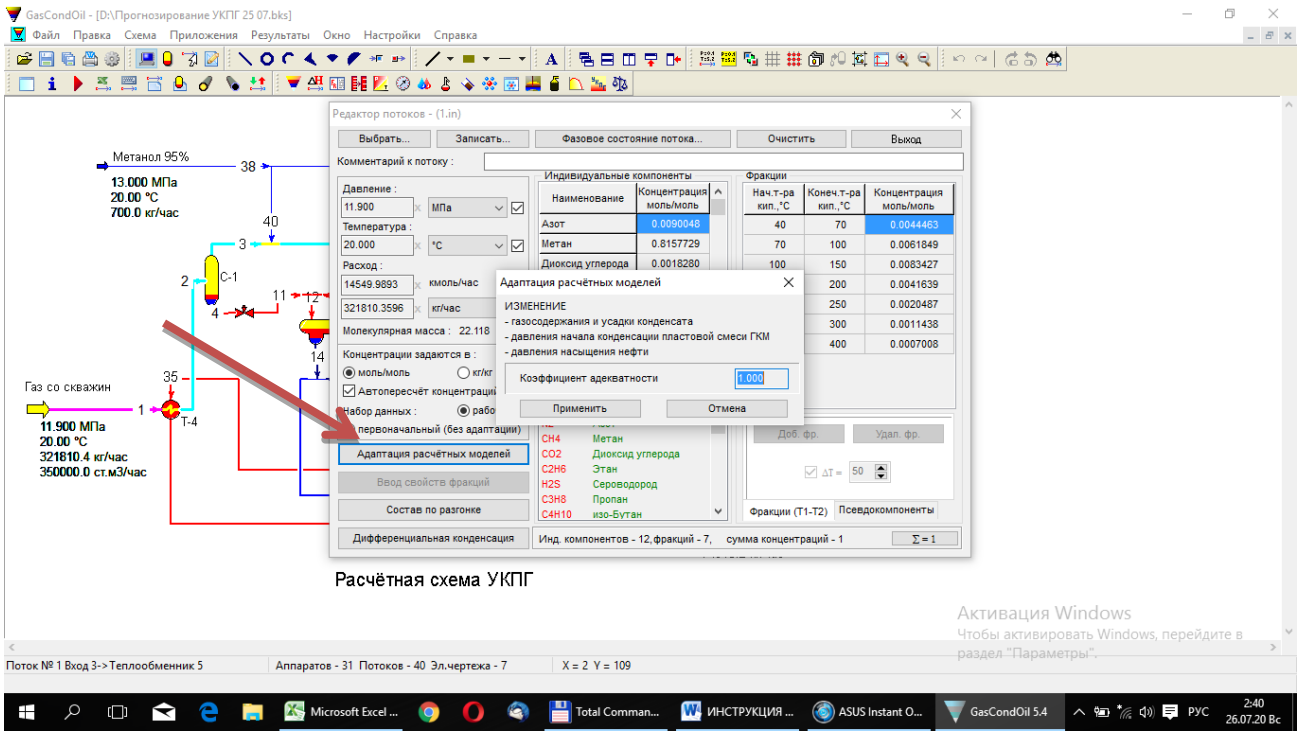
Расчётное давление начала конденсации углеводородов потока 1 при пластовой температуре находится с помощью кнопки в главном окне “Фазовое состояние”.

Фазовое состояние потока 1 в зависимости от давления и температуры
(при коэффициенте адекватности для газосодержания конденсата, равном 1)

Фазы (мольная доля)	Газ	Конденсат (нефть)	Водный раствор	Соль
P = 26.5999 МПа, 271.245 ата T =353.1500 K, 80.000 C	0.9942283	0.0000000	0.0057717	0.0000000
P = 26.5019 МПа, 270.245 ата T =353.1500 K, 80.000 C	**0.9941565**	**0.0000777**	**0.0057658**	**0.0000000**
P = 26.4038 МПа, 269.245 ата T =353.1500 K, 80.000 C	0.9937833	0.0004579	0.0057589	0.0000000

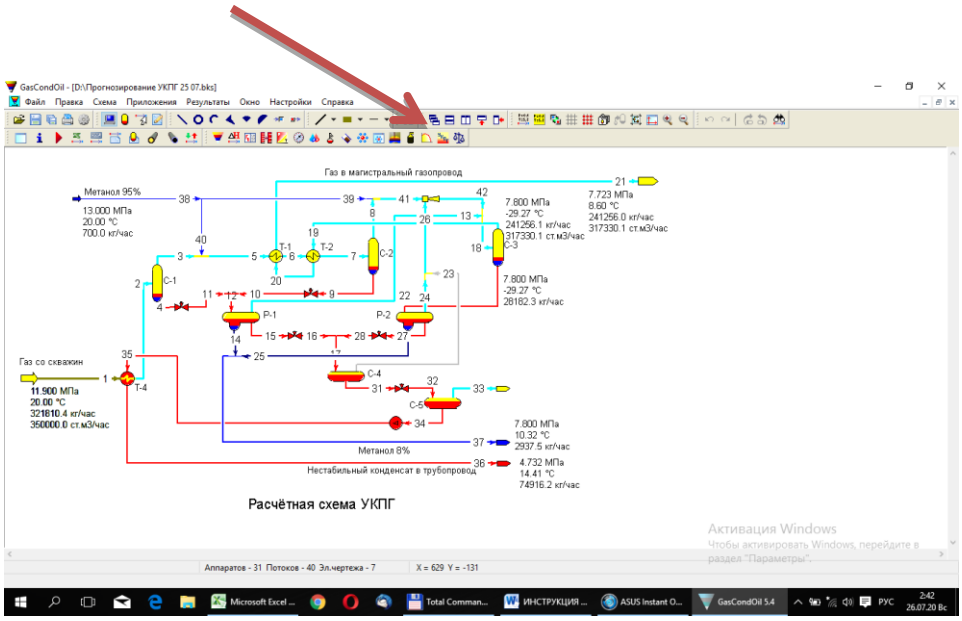
Видим, что расчётное давление начала конденсации углеводородов 26.5 МПа.

В случае значительного отклонения этого давления от пластового необходимо провести настройку модели фазового поведения пластовой смеси (с предварительной проверкой формирования компонентно-фракционного состава смеси, особенно концентраций последних фракций) с помощью изменения “Коэффициента адекватности для газосодержания конденсата” (в Редакторе потока - после нажатия на кнопку “Адаптация расчётных моделей”). При снижении его (что соответствует большей доле алканов в конденсате) снижается расчётное давление начала конденсации углеводородов.

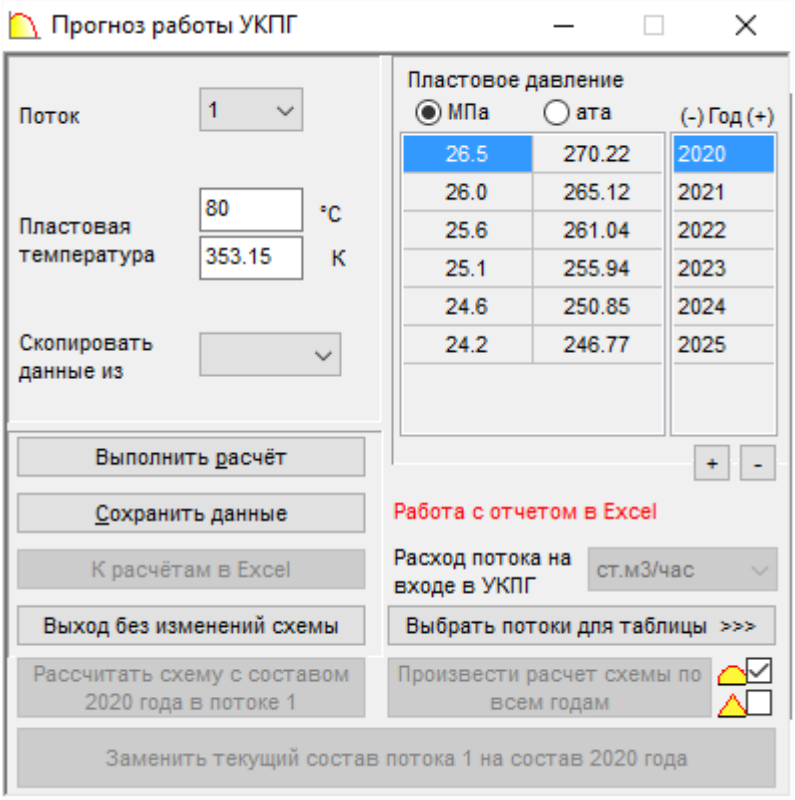


В данном примере полагаем, что расчётное давление начала конденсации близко к фактическому пластовому давлению при коэффициенте адекватности 1.0.

Обратившись к кнопке “Прогноз работы УКПГ”,



в открывшемся окне для потока 1 заполняем планируемые проектом разработки ГКМ пластовые давления на заданный период.



После нажатия на кнопку “Выполнить расчет” рассчитываются составы пластовой смеси и потенциальное содержание $C5_{+высш}$ при снижении пластового давления, с исключением из состава входного потока соли, метанола и воды:

```
Из смеси удалён хлорид натрия!
Из смеси удалён метанол!
Из смеси удалена вода!
РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ
КОНДЕНСАЦИИ ПЛАСТОВОЙ СМЕСИ

Состав пластового газа

Азот                    0.0090914
Метан                   0.8236141
Диоксид углерода        0.0018456
Этан                    0.0910654
Пропан                  0.0245304
изо-Бутан               0.0047672
н-Бутан                 0.0103487
изо-Пентан              0.0033296
н-Пентан                0.0041167
Хлорид натрия           0.0000000
Метанол                 0.0000000
Вода                    0.0000000
Фр.  40- 70°C           0.0044890
     70-100°C           0.0062443
    100-150°C           0.0084229
    150-200°C           0.0042039
    200-250°C           0.0020684
    250-300°C           0.0011548
    300-400°C           0.0007075
```

Температура 80.00 °C
353.15 K

РАСЧЕТНОЕ давление начала конденсации 26.219 МПа
267.36 ата

N п/п	Пластовое давление		Количество выпавшего насыщенного конденсата	Потери C5+в	Потенциальное содержание C5+в в газе
	МПа	ата	см3/м3	г/м3	г/м3
1	26.50	270.2	0.0	0.0	161.8
2	26.00	265.1	3.5	1.4	160.5
3	25.60	261.0	9.7	4.1	158.0
4	25.10	255.9	17.0	7.2	155.0
5	24.60	250.9	24.3	10.3	152.0
6	24.20	246.8	29.8	12.8	149.6

Изменение состава пластового газа (мольные доли) при снижении давления

Пластовое давление,МПа	26.50	26.00	25.60	25.10	24.60	24.20
Азот	0.0090914	0.0090952	0.0091024	0.0091111	0.0091199	0.0091270
Метан	0.8236141	0.8238180	0.8241950	0.8246636	0.8251470	0.8255373
Диоксид углерода	0.0018456	0.0018458	0.0018461	0.0018465	0.0018470	0.0018474
Этан	0.0910654	0.0910612	0.0910537	0.0910450	0.0910360	0.0910297
Пропан	0.0245304	0.0245215	0.0245051	0.0244848	0.0244635	0.0244467
изо-Бутан	0.0047672	0.0047643	0.0047590	0.0047523	0.0047453	0.0047397
н-Бутан	0.0103487	0.0103410	0.0103265	0.0103085	0.0102894	0.0102741
изо-Пентан	0.0033296	0.0033259	0.0033191	0.0033105	0.0033014	0.0032940
н-Пентан	0.0041167	0.0041116	0.0041021	0.0040901	0.0040774	0.0040671
Хлорид натрия	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Метанол	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Вода	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Фр. 40- 70°C	0.0044890	0.0044818	0.0044682	0.0044510	0.0044328	0.0044178
Фр. 70-100°C	0.0062443	0.0062296	0.0062020	0.0061667	0.0061291	0.0060980
Фр.100-150°C	0.0084229	0.0083908	0.0083300	0.0082519	0.0081683	0.0080985
Фр.150-200°C	0.0042039	0.0041762	0.0041236	0.0040555	0.0039822	0.0039205
Фр.200-250°C	0.0020684	0.0020442	0.0019981	0.0019384	0.0018746	0.0018212
Фр.250-300°C	0.0011548	0.0011296	0.0010821	0.0010219	0.0009593	0.0009084
Фр.300-400°C	0.0007075	0.0006633	0.0005871	0.0005022	0.0004266	0.0003726

Изменение состава пластового газа (массовые доли) при снижении давления

Пластовое давление,МПа	26.50	26.00	25.60	25.10	24.60	24.20
Азот	0.0090914	0.0115234	0.0115612	0.0116075	0.0116545	0.0116920
Метан	0.4716448	0.5977087	0.5994722	0.6016413	0.6038419	0.6056050
Диоксид углерода	0.0028998	0.0036743	0.0036842	0.0036963	0.0037086	0.0037184
Этан	0.0977628	0.1238570	0.1241554	0.1245220	0.1248919	0.1251887
Пропан	0.0386129	0.0489037	0.0489927	0.0491013	0.0492093	0.0492956
изо-Бутан	0.0098918	0.0125251	0.0125423	0.0125629	0.0125829	0.0125987
н-Бутан	0.0214733	0.0271857	0.0272154	0.0272506	0.0272838	0.0273097
изо-Пентан	0.0085766	0.0108544	0.0108591	0.0108641	0.0108675	0.0108696
н-Пентан	0.0106041	0.0134185	0.0134208	0.0134224	0.0134218	0.0134205
Хлорид натрия	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Метанол	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Вода	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Фр. 40- 70°C	0.0134623	0.0170289	0.0170196	0.0170058	0.0169881	0.0169721
Фр. 70-100°C	0.0214016	0.0270513	0.0269983	0.0269265	0.0268445	0.0267736
Фр.100-150°C	0.0345817	0.0436468	0.0434386	0.0431626	0.0428566	0.0425942
Фр.150-200°C	0.0214624	0.0270132	0.0267391	0.0263774	0.0259803	0.0256407
Фр.200-250°C	0.0129967	0.0162736	0.0159463	0.0155174	0.0150529	0.0146594
Фр.250-300°C	0.0088228	0.0109340	0.0105004	0.0099462	0.0093665	0.0088905
Фр.300-400°C	0.0070728	0.0084015	0.0074545	0.0063957	0.0054490	0.0047714

Состав выпавшего конденсата (мольные доли)

Пластовое давление,МПа	26.50	26.00	25.60	25.10	24.60	24.20
Азот	0.0000000	0.0039471	0.0038850	0.0038076	0.0037476	0.0036843
Метан	0.0000000	0.5534292	0.5482696	0.5417587	0.5366537	0.5312096
Диоксид углерода	0.0000000	0.0016004	0.0015936	0.0015847	0.0015780	0.0015704
Этан	0.0000000	0.0967400	0.0966857	0.0966074	0.0966293	0.0965526
Пропан	0.0000000	0.0363412	0.0365407	0.0367906	0.0370485	0.0372586
изо-Бутан	0.0000000	0.0085722	0.0086532	0.0087559	0.0088592	0.0089473
н-Бутан	0.0000000	0.0206476	0.0208756	0.0211653	0.0214483	0.0216972
изо-Пентан	0.0000000	0.0081691	0.0082910	0.0084468	0.0085978	0.0087331
н-Пентан	0.0000000	0.0108497	0.0110242	0.0112476	0.0114625	0.0116567
Хлорид натрия	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Метанол	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Вода	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Фр. 40- 70°C	0.0000000	0.0140844	0.0143498	0.0146903	0.0150124	0.0153096
Фр. 70-100°C	0.0000000	0.0257310	0.0263243	0.0270884	0.0278029	0.0284732
Фр.100-150°C	0.0000000	0.0510164	0.0524627	0.0543305	0.0560515	0.0576929
Фр.150-200°C	0.0000000	0.0408848	0.0422685	0.0440537	0.0456805	0.0472351
Фр.200-250°C	0.0000000	0.0341566	0.0353864	0.0369495	0.0383068	0.0396065
Фр.250-300°C	0.0000000	0.0345858	0.0356107	0.0368416	0.0377253	0.0385971
Фр.300-400°C	0.0000000	0.0592444	0.0577791	0.0558813	0.0533958	0.0517760

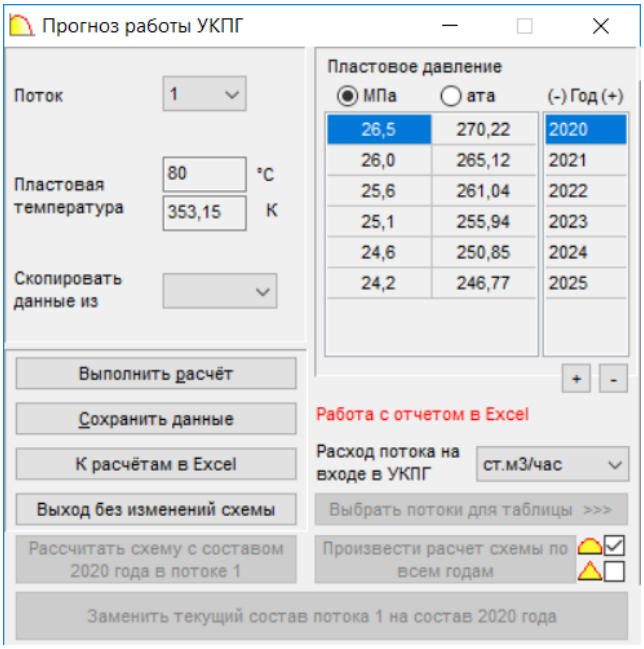
Состав выпавшего конденсата (массовые доли)

Пластовое давление,МПа	26.50	26.00	25.60	25.10	24.60	24.20
Азот	0.0000000	0.0017830	0.0017428	0.0016937	0.0016608	0.0016219
Метан	0.0000000	0.1431596	0.1408468	0.1380006	0.1361913	0.1339134
Диоксид углерода	0.0000000	0.0011359	0.0011232	0.0011076	0.0010988	0.0010862
Этан	0.0000000	0.0469130	0.0465633	0.0461333	0.0459720	0.0456300
Пропан	0.0000000	0.0258400	0.0258027	0.0257601	0.0258441	0.0258179
изо-Бутан	0.0000000	0.0080348	0.0080547	0.0080816	0.0081465	0.0081728
н-Бутан	0.0000000	0.0193530	0.0194318	0.0195353	0.0197229	0.0198191
изо-Пентан	0.0000000	0.0095052	0.0095806	0.0096783	0.0098147	0.0099028
н-Пентан	0.0000000	0.0126243	0.0127389	0.0128875	0.0130847	0.0132180
Хлорид натрия	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Метанол	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Вода	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Фр. 40- 70°C	0.0000000	0.0190797	0.0193052	0.0195966	0.0199518	0.0202114
Фр. 70-100°C	0.0000000	0.0398365	0.0404740	0.0412977	0.0422291	0.0429597
Фр.100-150°C	0.0000000	0.0946154	0.0966266	0.0992230	0.1019849	0.1042735
Фр.150-200°C	0.0000000	0.0942871	0.0968058	0.1000436	0.1033518	0.1061585
Фр.200-250°C	0.0000000	0.0969485	0.0997465	0.1032741	0.1066693	0.1095551
Фр.250-300°C	0.0000000	0.1193618	0.1220512	0.1252052	0.1277314	0.1298143
Фр.300-400°C	0.0000000	0.2675219	0.2591057	0.2484819	0.2365461	0.2278453

РАСЧЕТНОЕ давление начала конденсации несколько снизилось в связи с исключением из смеси воды и метанола.

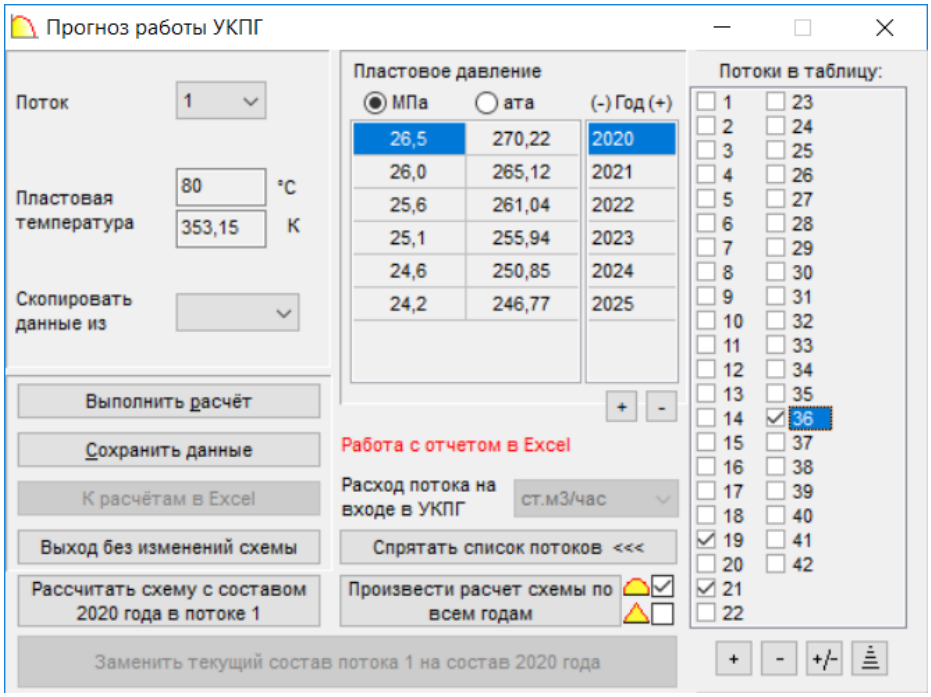
Следует заметить, что в текущий период эксплуатации ГКМ прогнозные потери С5+в в приведенной выше таблице являются дополнительными к ранее выпавшему в пласте конденсату. В связи с этим, как показывают расчёты по ПС, прогнозируемое потенциальное содержание С5+в в пластовом газе от текущего содержания может отличаться от действительного на 0-10% в сторону завышения, в зависимости от степени истощения месторождения на момент прогноза и длительности периода прогнозирования.

После нажатия на кнопку “К расчётам в Excel” результаты дифференциальной конденсации передаются в таблицы Excel, которые дополняются исходными данными по УКПГ на прогнозируемый период (в котором не запланированы изменения ни по схеме, ни по установленному теплообменному оборудованию).



В Excel заполняются параметры сырья (давление, температура, расход) на входе в УКПГ, с возможностью дальнейших расчётов как по одному выбранному году (годам), так и на весь планируемый период. Давление и температура предварительно определяются по ПС в результате просчёта сборной сети как при проектировании новой УКПГ, так и по модели сбора, созданной в ПС по фактическим данным. Настройка расчётной модели выполняется: по температуре сырья на входе в УКПГ - изменением (по сути, оценкой) усреднённых значений теплопроводности грунта (имея ввиду их малую достоверность в справочниках, см. “Руководство по эксплуатации ПС”), по давлению – подбором гидравлической эффективности трубопроводов.

Далее в окне “выбираются потоки для таблицы”, намеченные выше, - 19, 21 и 36.



Результаты прогнозирования можно получить как по одному выбранному году (после выбора года в поле “Пластовое давление” и нажатия на кнопку “Рассчитать схему с составом 20хх года в потоке х”, при этом в автоматическом режиме происходит экспорт данных из Excel в ПС по выбранному году, запуск схемы на расчёт и дополнение таблицы Excel результатами расчёта схемы по намеченным потокам), так и по всему планируемому периоду (нажать на кнопку “Произвести расчёт схемы по всем годам”, при этом в автоматическом режиме массив данных из таблицы Excel поочередно по годам экспортируется в ПС с последующими расчётами схемы и дополнением таблицы Excel результатами). В последнем задании также в автоматическом режиме строятся графики изменения параметров выбранных потоков схемы УКПГ, в данном примере – температуры в низкотемпературном сепараторе и выхода товарного газа и конденсата. В данном примере расход сырья на входе в УКПГ в 2020-25 г.г. принят без изменений.

Год	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**
Пластовая температура, °С	80	80	80	80	80	80
Пластовое давление, МПа	26.50	26.00	25.60	25.10	24.60	24.20

Поток 1 - Состав газа на входе в УКПГ, мольные доли

Азот	0.0090048	0.0090094	0.0090163	0.0090246	0.0090329	0.0090393
Метан	0.8157730	0.8160430	0.8163998	0.8168349	0.8172709	0.8176044
Диоксид углерода	0.0018280	0.0018283	0.0018286	0.0018290	0.0018294	0.0018296
Этан	0.0901984	0.0902017	0.0901925	0.0901807	0.0901671	0.0901550
Пропан	0.0242969	0.0242901	0.0242733	0.0242523	0.0242300	0.0242118
изо-Бутан	0.0047218	0.0047194	0.0047140	0.0047072	0.0047000	0.0046942
н-Бутан	0.0102502	0.0102434	0.0102289	0.0102106	0.0101912	0.0101754
изо-Пентан	0.0032979	0.0032946	0.0032877	0.0032791	0.0032699	0.0032624
н-Пентан	0.0040775	0.0040728	0.0040633	0.0040513	0.0040385	0.0040280
Хлорид натрия	0.0002265	0.0002245	0.0002250	0.0002259	0.0002271	0.0002286
Метанол	0.0006909	0.0006849	0.0006863	0.0006889	0.0006927	0.0006973
Вода	0.0086031	0.0085283	0.0085464	0.0085785	0.0086252	0.0086834
Фр. 40- 70	0.0044463	0.0044395	0.0044260	0.0044088	0.0043905	0.0043754
Фр. 70-100	0.0061849	0.0061708	0.0061433	0.0061082	0.0060706	0.0060394
Фр.100-150	0.0083427	0.0083116	0.0082512	0.0081736	0.0080903	0.0080207
Фр.150-200	0.0041639	0.0041368	0.0040846	0.0040170	0.0039442	0.0038829
Фр.200-250	0.0020487	0.0020249	0.0019792	0.0019200	0.0018568	0.0018037
Фр.250-300	0.0011438	0.0011189	0.0010718	0.0010122	0.0009502	0.0008996
Фр.300-400	0.0007008	0.0006571	0.0005816	0.0004974	0.0004225	0.0003690
Сумма	1.0000001	1.0000000	0.9999998	1.0000002	1.0000000	1.0000001

Параметры потока (введите данные для выбранного года, чтобы сформировать поток):

Давление на входе в УКПГ, МПа	11.90	11.50	11.10	10.80	10.50	10.30
Температура на входе в УКПГ, °С	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Расход на входе в УКПГ, ст.м3/час	350000.0	350000.0	350000.0	350000.0	350000.0	350000.0

Результаты расчёта

НТС - Поток 19

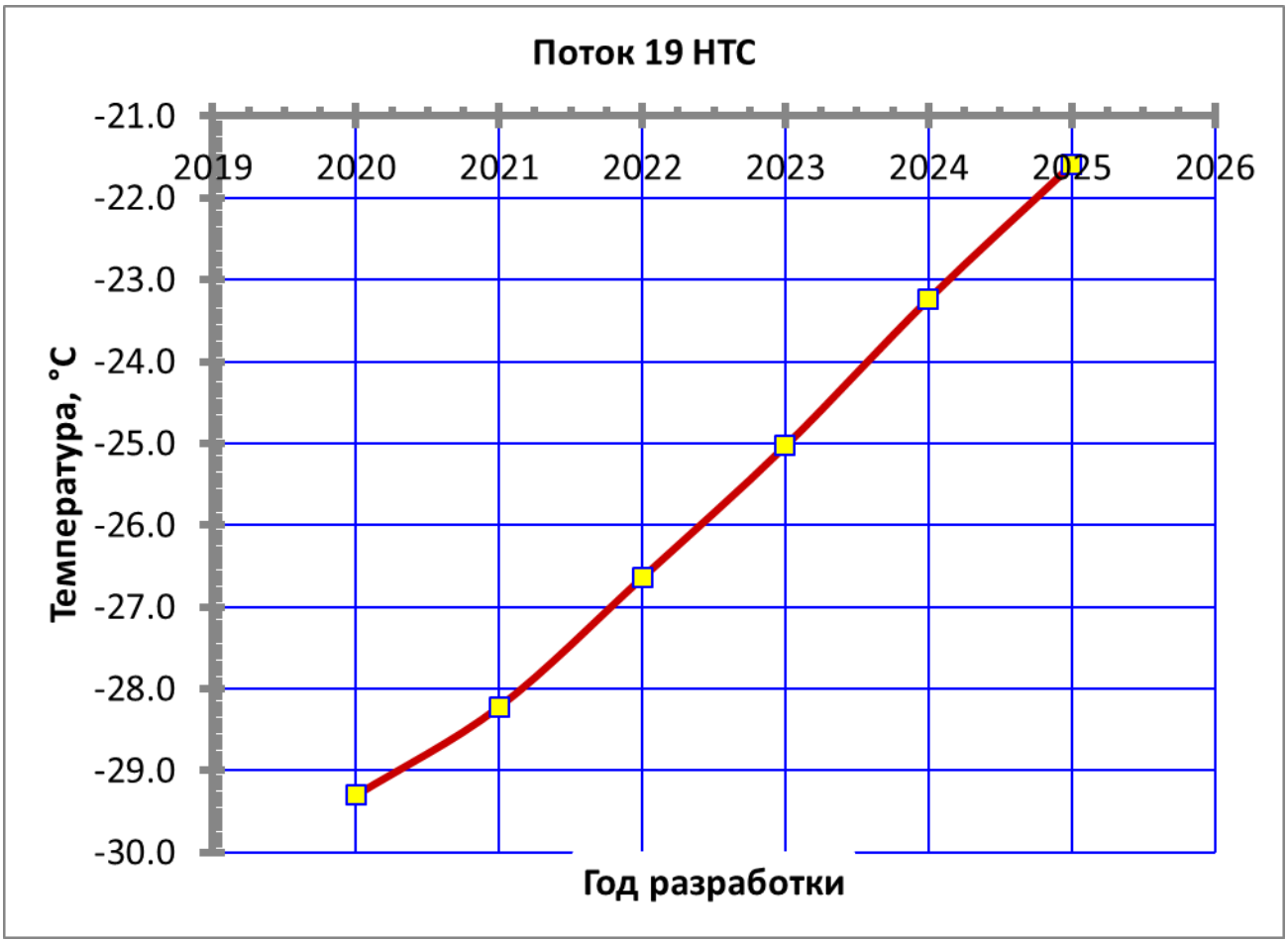
Давление, МПа	7.80	7.80	7.80	7.80	7.80	7.80
Температура, °С	-29.3	-28.2	-26.6	-25.0	-23.2	-21.6
Расход, ст.м3/час	317338.0	319577.0	322256.4	324549.1	326806.3	328467.4

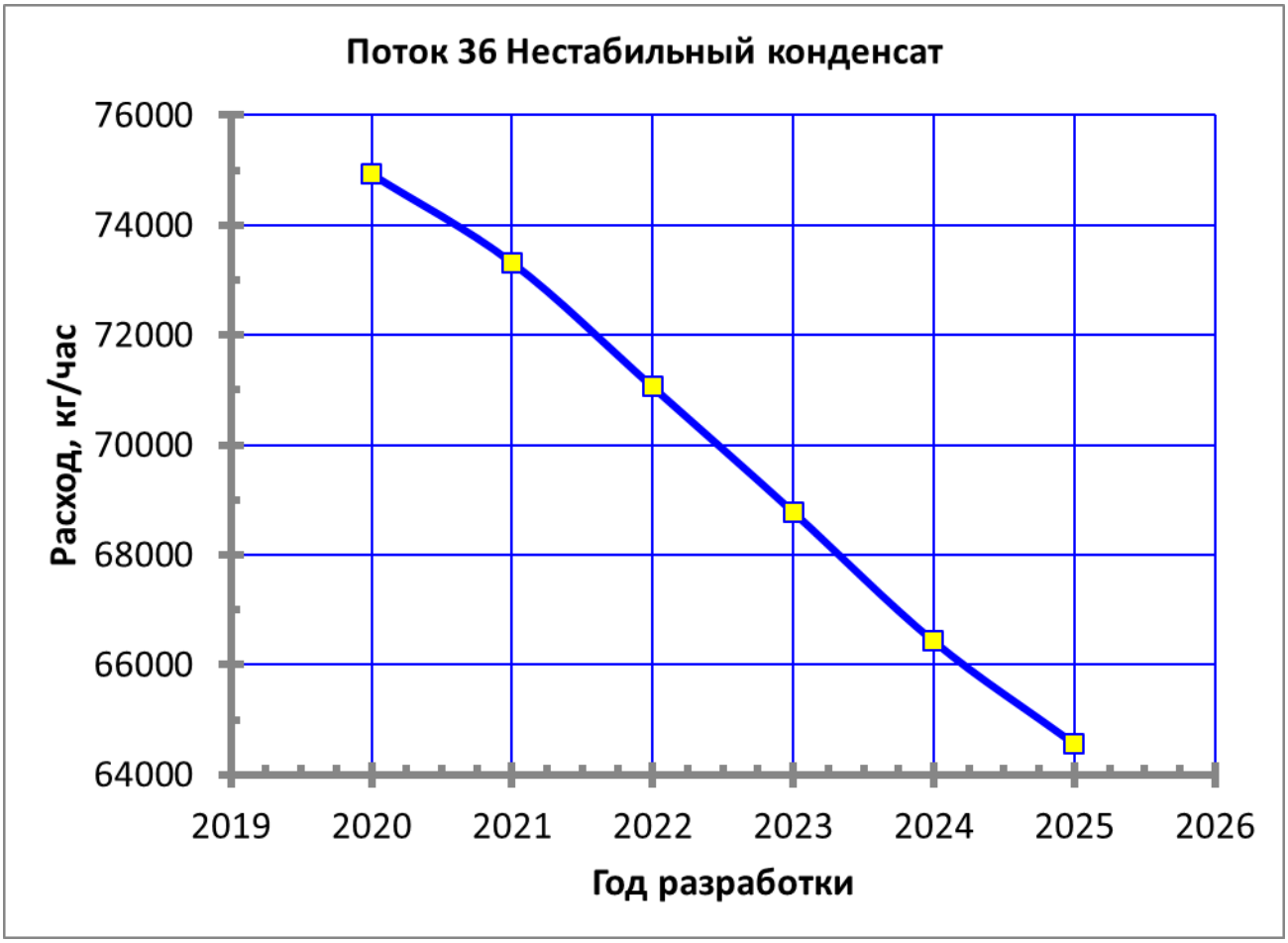
Товарный газ - Поток 21

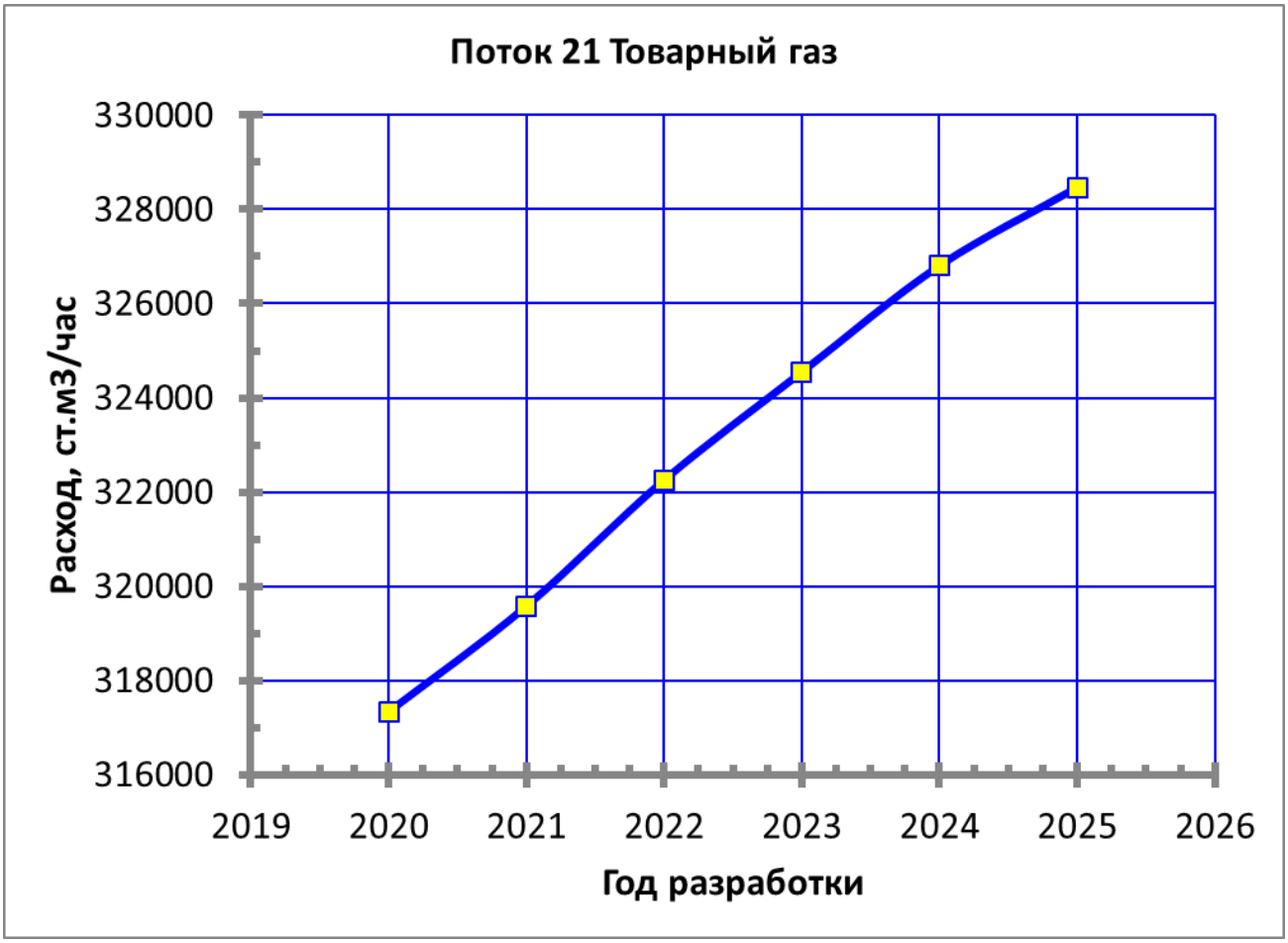
Давление, МПа	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72
Температура, °С	8.6	8.5	8.5	8.5	8.6	8.7
Расход, ст.м3/час	317338.0	319577.0	322256.4	324549.1	326806.3	328467.4

Нестабильный конденсат - Поток 36

Давление, МПа	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73
Температура, °С	40.9	44.1	48.2	51.9	55.9	59.0
Расход, кг/час	74927.2	73317.3	71055.2	68778.0	66424.3	64560.8




Поток 36 Нестабильный конденсат
76000
74000
72000
70000
68000
66000
64000
Расход, кг/час
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
Год разработки


Поток 21 Товарный газ
330000
328000
326000
324000
322000
320000
318000
316000
Расход, ст.м3/час
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
Год разработки