



# ТЮМЕННИИГИПРОГАЗ

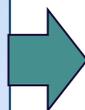
**Экспресс-метод определения компонентного  
состава нестабильного конденсата на базе  
хроматографического анализа газа дегазации**

**Докладчик: Омельченко Олег Анатольевич  
старший научный сотрудник  
лаборатории добычи и переработки УВС**



## Форматы составов НЖУ и области их применения

**Подробный компонентно-фракционный состав (КФС) с фракциями до С35 и выше или с температурами кипения до 450 °С и выше**



**Планирование балансов производства, прогнозирование перспективного развития, анализ технологической эффективности, проекты реконструкции действующих и создания новых мощностей промышленной подготовки, транспорта и переработки УВС.**

**Краткая форма компонентного состава (индивидуальные компоненты до С5, остаток С6+)**



**Аналитический контроль качества сырья, промежуточных и конечных продуктов для регулирования технологических режимов процессов, паспортизация партий сырья и продуктов, учет и списание запасов добываемого сырья ГКМ.**



## Актуальность и цель экспресс-методики

**Проблема экспериментального определения составов НЖУ.** Высокие затраты времени, труда и средств ввиду отсутствия стандартизованного метода определения краткого компонентного состава. В настоящее время во всех случаях применяются длительные, высоко затратные и трудоемкие экспериментальные методы определения подробных КФС (особенно методы с калибровкой хроматографов).

**Применяемые НД:** СТО Газпром 5.5, СТО ТНГГ 02-04-2009, *разрабатывается* ГОСТ Р Газоконденсатная смесь. Определение КФС хроматографическими методами.

**Цель:** создание стандартизованного метода определения краткого состава НЖУ для его широкого использования в соответствующих областях применения.

**Предложение:** опытно-промышленный испытания, стандартизация на более высоком уровне и внедрение экспресс-метода определение краткого состава НЖУ  $C_1$ - $C_5$ ,  $C_{6+}$  по составу газа дегазации (МИ Газпром переработка 05-2014)

**Новизна способа:** применение балансовых моделей дегазации НЖУ на основе обобщенных статистических функций отбора компонентов (ФОК).



## Методы определения КФС НЖУ

**Методы  
определения КФС  
НЖУ в детальной  
и краткой форме  
представления**

**Прямой ввод пробы  
(хроматографическое  
определение КФС,  
(для краткого состава  
обратная продувка)**

**Метод разгазирования пробы НЖУ**

**ГД –  
хроматографическое  
определение КФС.**

**СЖУ –  
хроматографическое  
определение КФС.  
(для краткого состава  
обратная продувка)**

**КФС НЖУ  
(для краткого состава экспресс-метод  
без хроматографии СЖУ)**



## Пример хроматограммы для получения детального КФС

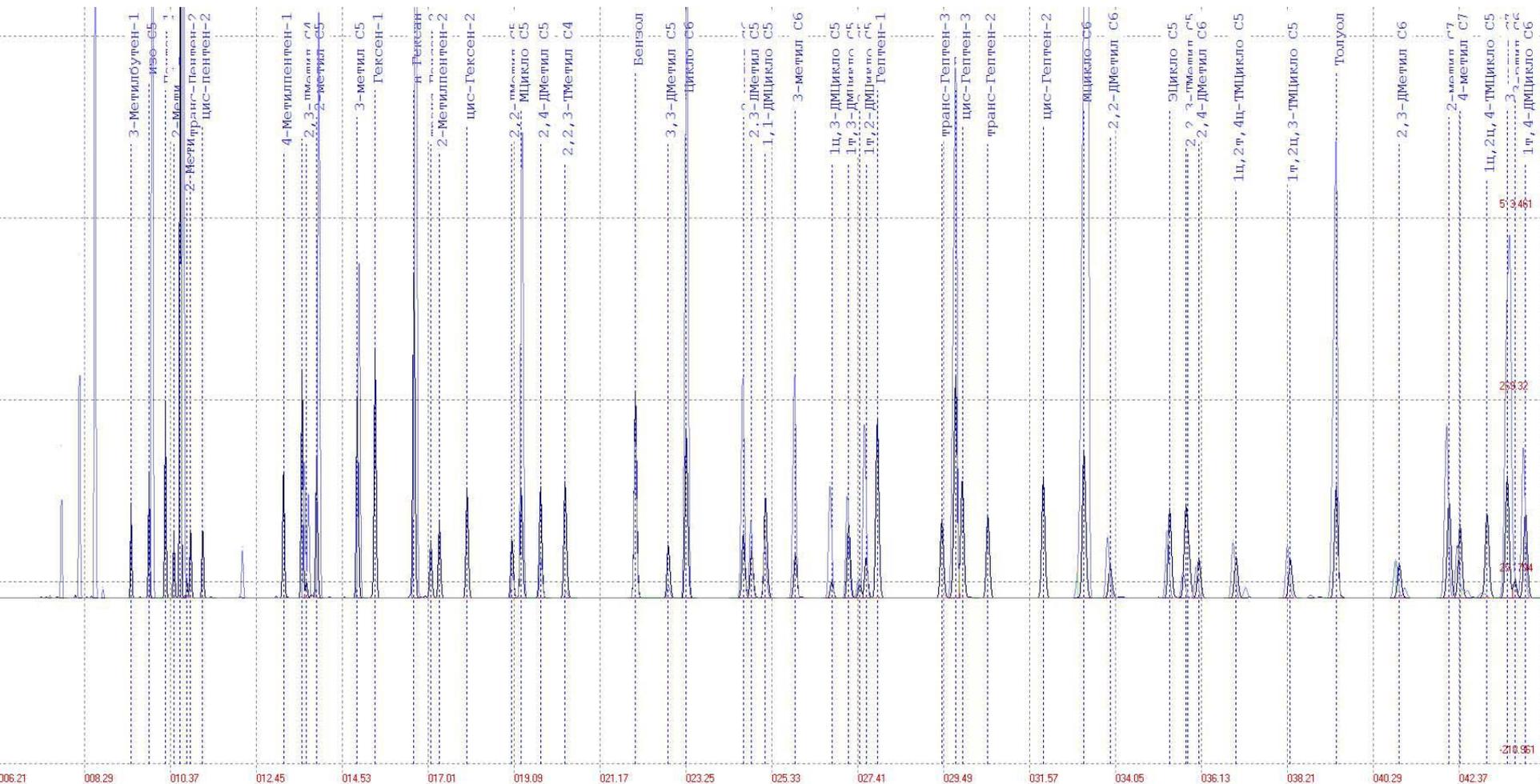


Рисунок 1 – Хроматограмма типовой смеси СЖУ для получения детального КФС с наложением градуировочной смеси



## Пример хроматограммы стандартного образца для калибровки хроматографа при определении КФС НЖУ

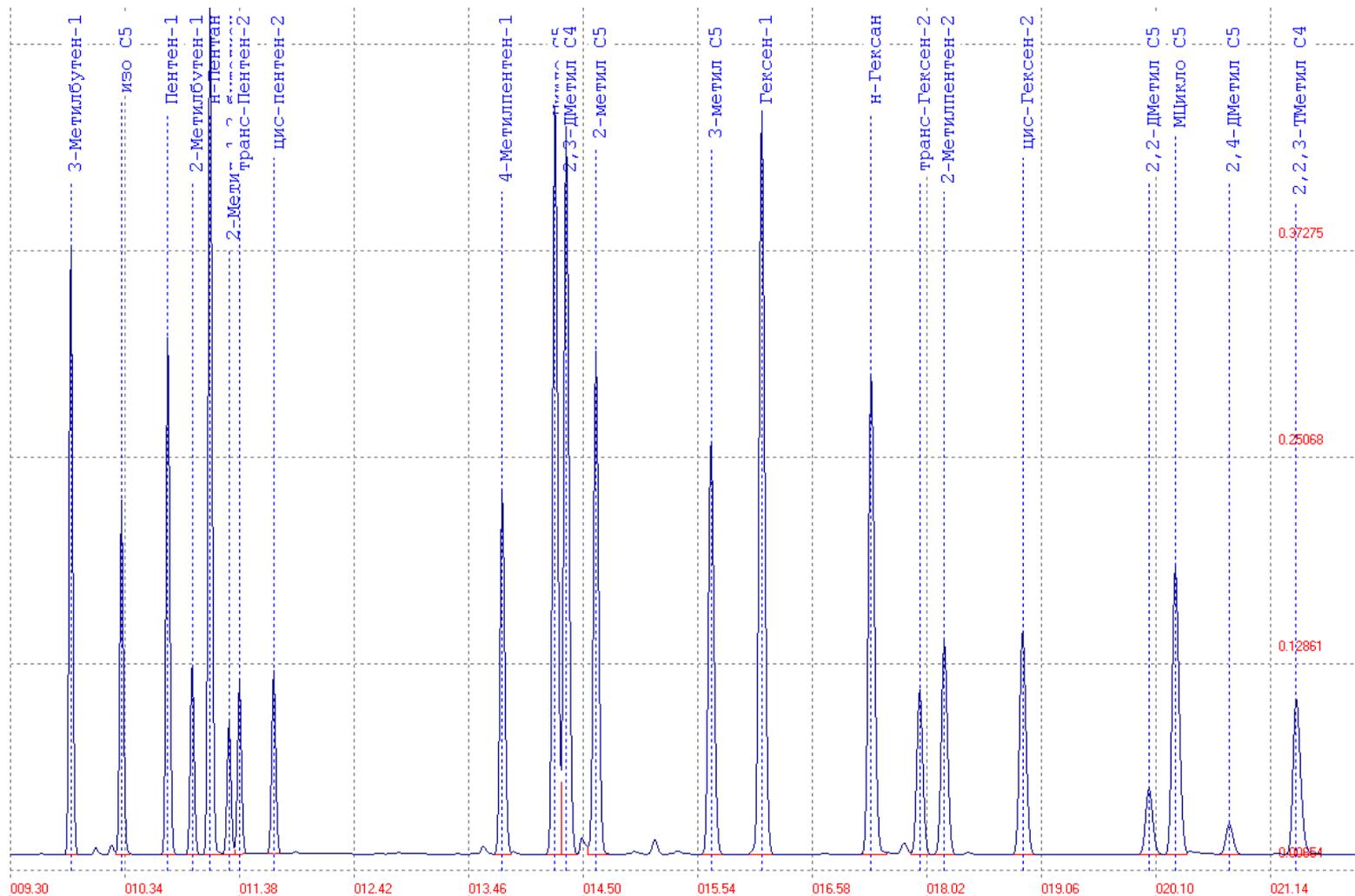


Рисунок 2 – Хроматограмма стандартной смеси



## Пример хроматограммы для определения краткого КФС

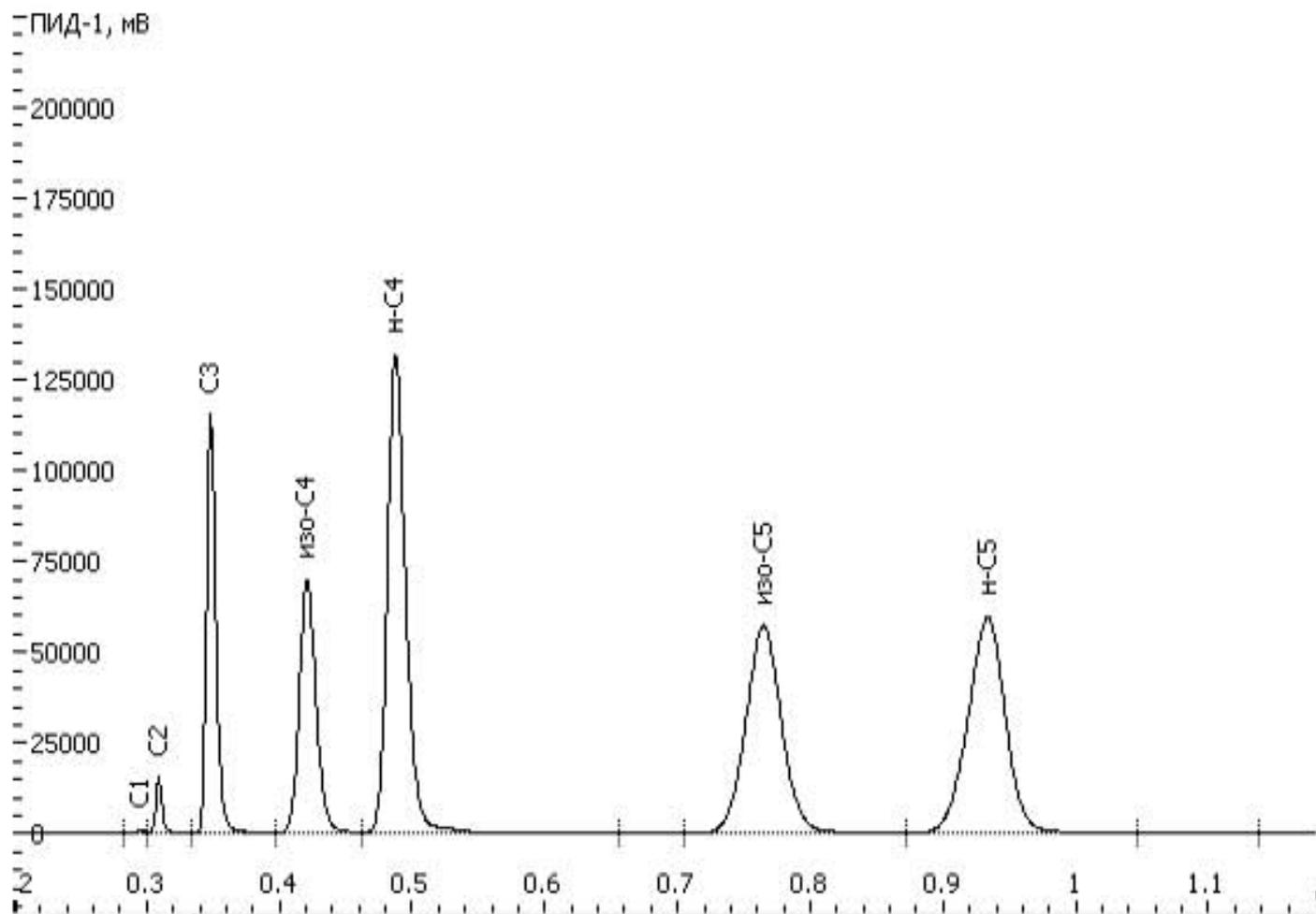


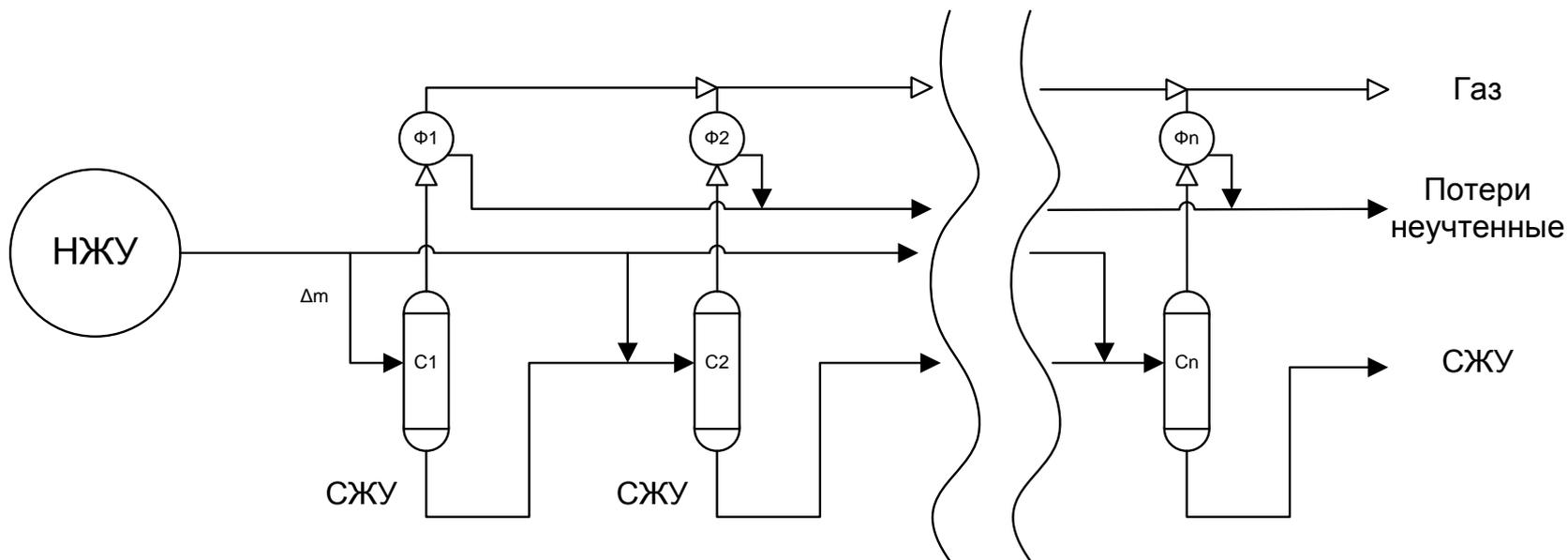
Рисунок 3 – Типовая хроматограмма СЖУ для каткого КФС (C1-C5, C6+)



## Методы дегазации

### Методика разгазирования при постоянных давлении и температуре (**PcTc**)

*НЖУ из контейнера дозируется в сепаратор ( $C_n$ ), где при заданных давлении и температуре идет разделение фаз. Газ уходит в газометр через фильтр, жидкость собирается в сепараторе. При этом процессе в эксперименте жидкость, конденсирующаяся в фильтре, не контролируется.*

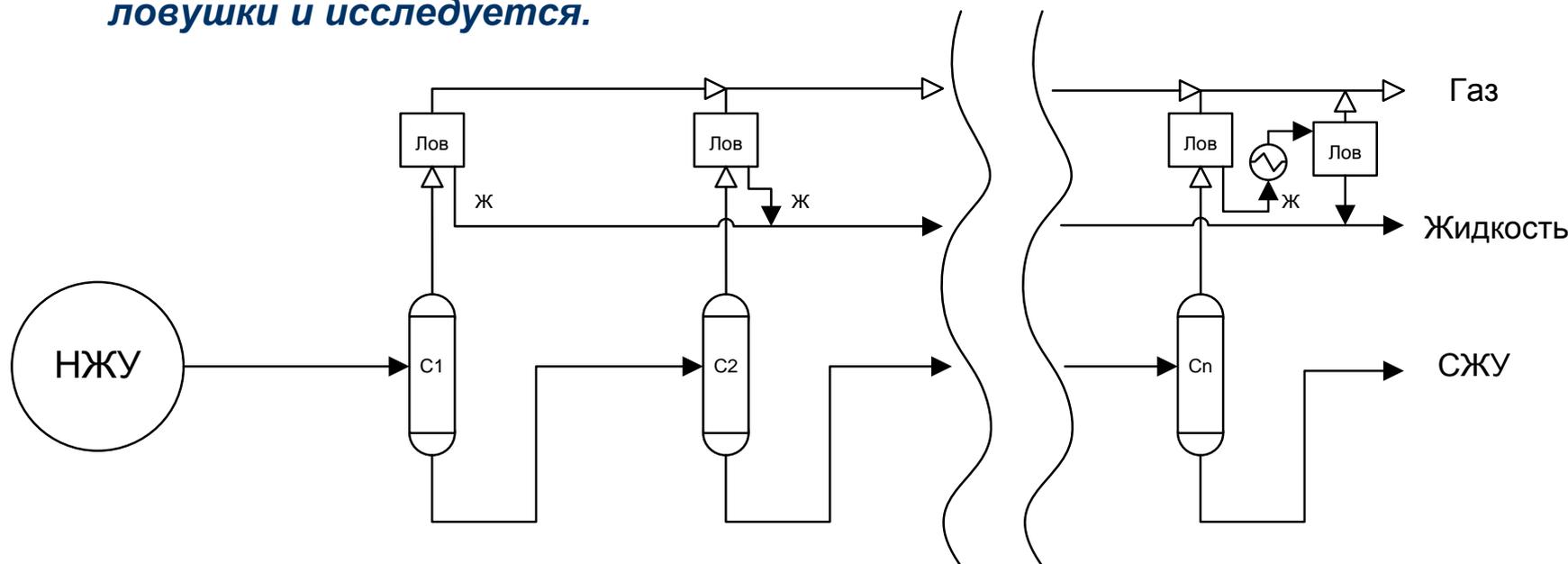




## Методы дегазации

### Методика разгазирования при переменных давлении и температуре. (PvTv)

*НЖУ в контейнере доводится до давления начала конденсации (в модели рассчитываем это давление для состава). После этого постепенно снижается давление до 1 ата. Затем, при этом давлении, постепенно повышаем температуру. Во всем процессе газ проходит через ловушку и собирается в газометр. В ловушке может собираться жидкость. По окончании процесса жидкость сливается из контейнера и ловушки и исследуется.*

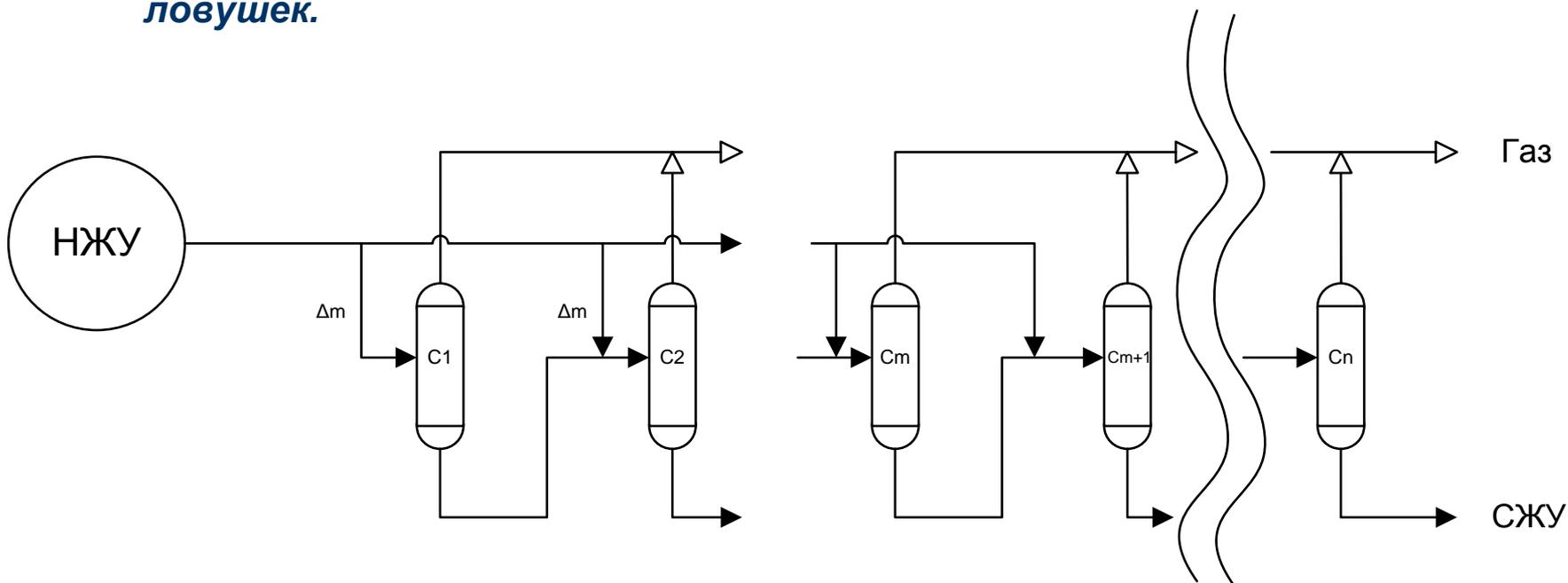




## Методы дегазации

### Модифицированная методика разгазирования при постоянных давлении и температуре (микродегазирование) (**PcTv**)

*НЖУ из контейнера дозируется в сепаратор при постоянных давлении и температуре, затем дозирование прекращается, и в сепараторе постепенно поднимается температура. Газ из сепаратора идет в газометр, жидкость (СЖУ) накапливается в сепараторе. Схема без ловушек.*





## Теоретические основы метода

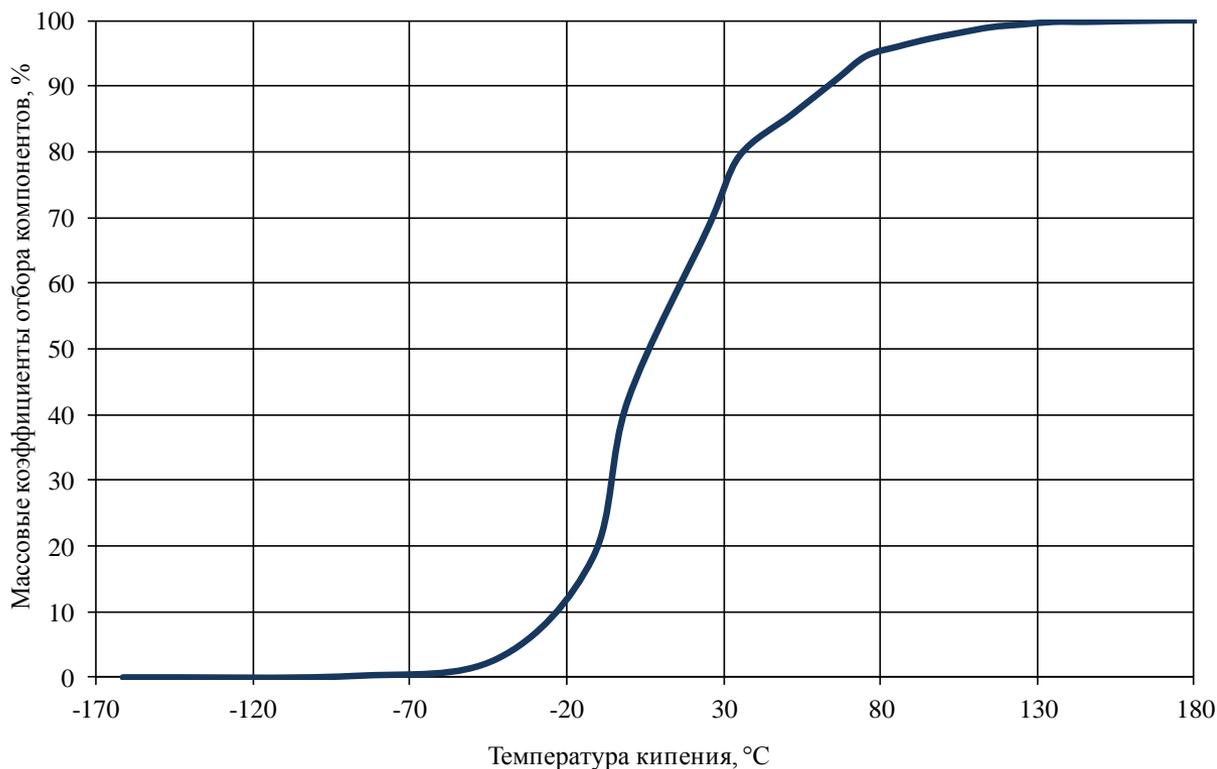


Рисунок 4 – Пример функции отбора компонентов для процесса дегазации деэтанализированного конденсата

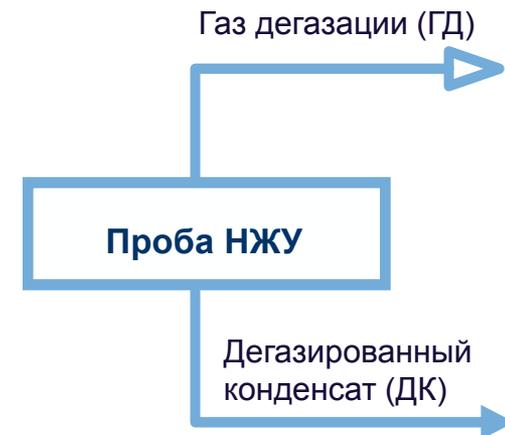


Рисунок 5 – Принципиальная схема разгазирования НЖУ

$$K_i^{ДК} = \frac{G_i^{ДК}}{G_i^{НЖУ}} \cdot 100$$

$$K_{iж} = 100 - \frac{100}{1 + \exp[S_i \cdot (T_{K_i} - T_{K_{50}})]}$$

$$S_i = \frac{\ln[1/(1 - K_{iж}/100) - 1]}{T_{K_i} - T_{K_{50}}}$$

Блок основных формул (для ФОК)



## Теоретические основы метода

$$G_i^{ГД} = G^{ГД} \cdot x_i^{ГД} / 100$$

$$K_{ик} = 100 - \frac{100}{1 + \exp[S_i \cdot (T_{К_i} - T_{К_{50}})]}$$

$$G_i^{НЖУ} = \frac{G_i^{ГД} \cdot 100}{100 - K_i^{СЖУ}}$$

$$G_i^{СЖУ} = G_i^{НЖУ} - G_i^{ГД}$$

$$G_{C6+}^{СЖУ} = G^{СЖУ} - \sum_{i=1}^7 G_i^{СЖУ}$$

$$G_{C6+}^{НЖУ} = G_{C6+}^{ГД} + G_{C6+}^{СЖУ}$$

$$x_i^{СЖУ} = \frac{G_i^{СЖУ}}{G^{СЖУ}} \cdot 100 \quad x_i^{НЖУ} = \frac{G_i^{НЖУ}}{G^{НЖУ}} \cdot 100$$

1. По компонентному составу и массе ГД, рассчитывают массы компонентов.

2. Коэффициенты отбора (КО) компонентов рассчитывают с помощью текущего ключевого параметра  $T_{к50}$  и массива компонентных коэффициентов сигмоиды

3. По полученным КО рассчитывают массы компонентов в НЖУ.

4. Рассчитывают массы компонентов СЖУ.

5. Рассчитывают массу компонента  $C_{6+}$  в СЖУ.

6. Рассчитывают массу компонента  $C_{6+}$  в НЖУ.

7. Определяют массовое содержание компонентов в СЖУ и НЖУ.



## Теоретические основы метода

ТЮМЕННИИГИПРОГАЗ  
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

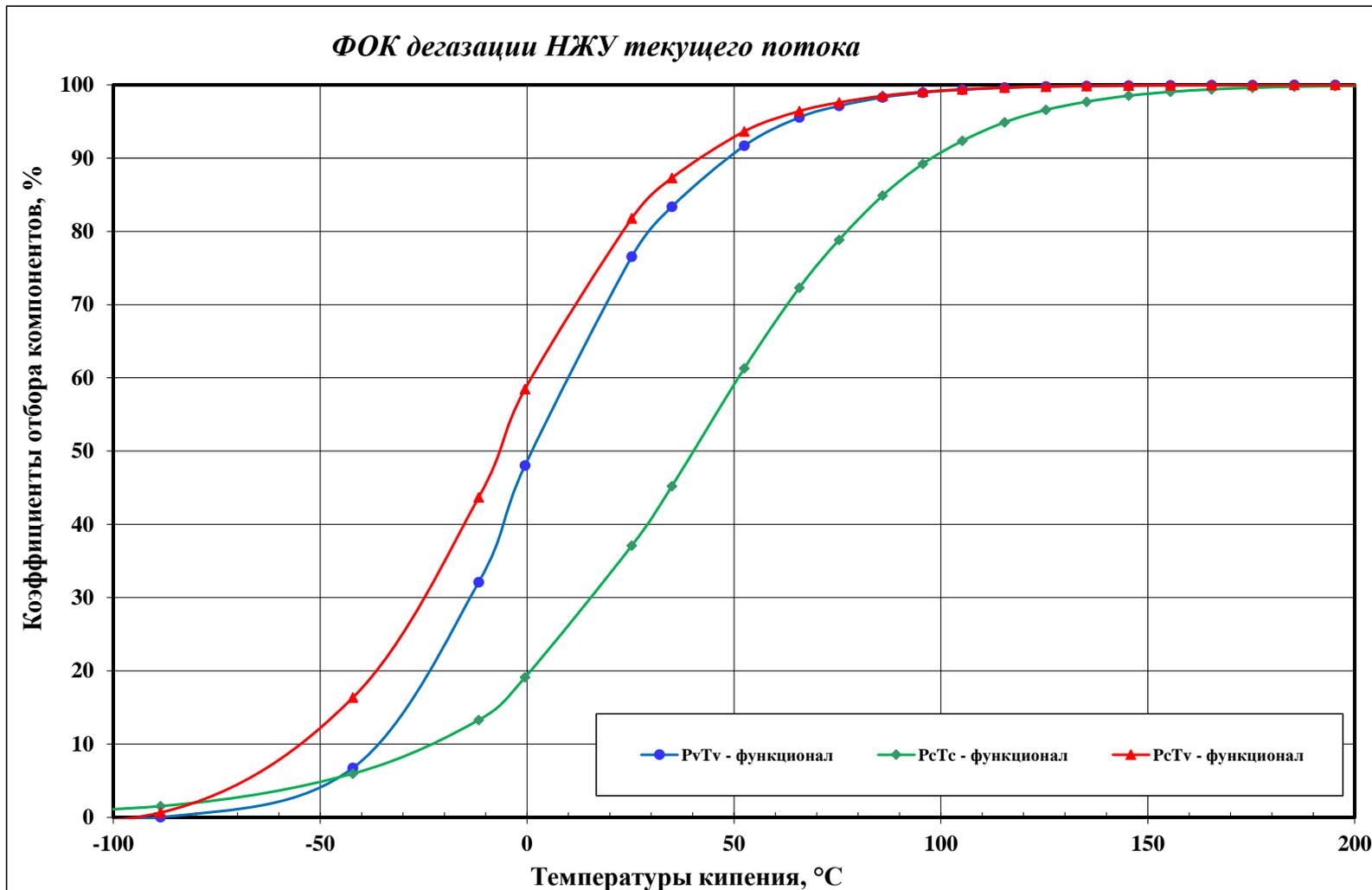


Рисунок 5 - Примеры ФОК для различных моделей дегазации



## ФОК режимов дегазации. Проба, средние, минимальные и максимальные КО по массиву проб

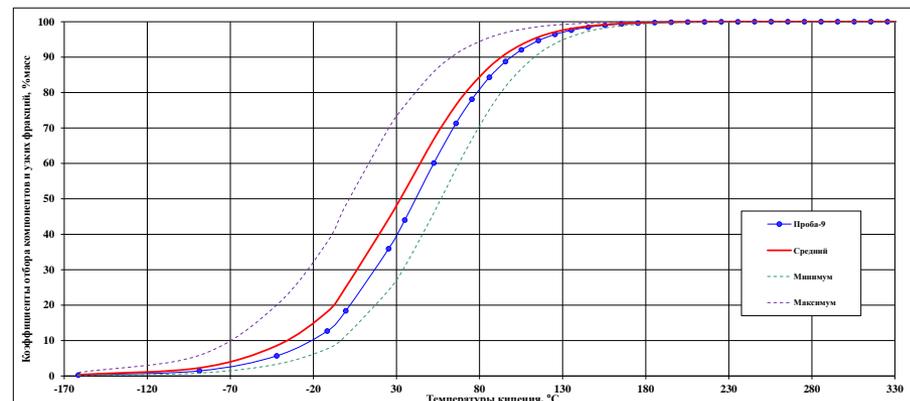
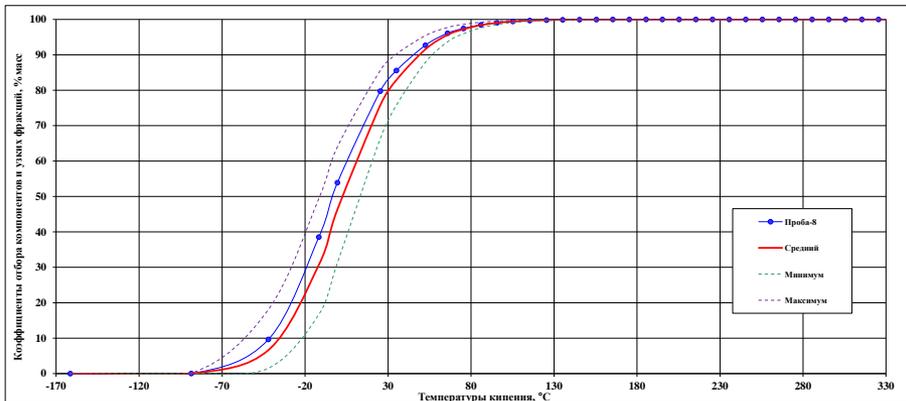


Рисунок 6 - ФОК для модели дегазации PvTv

Рисунок 7 - ФОК для модели дегазации PvTv

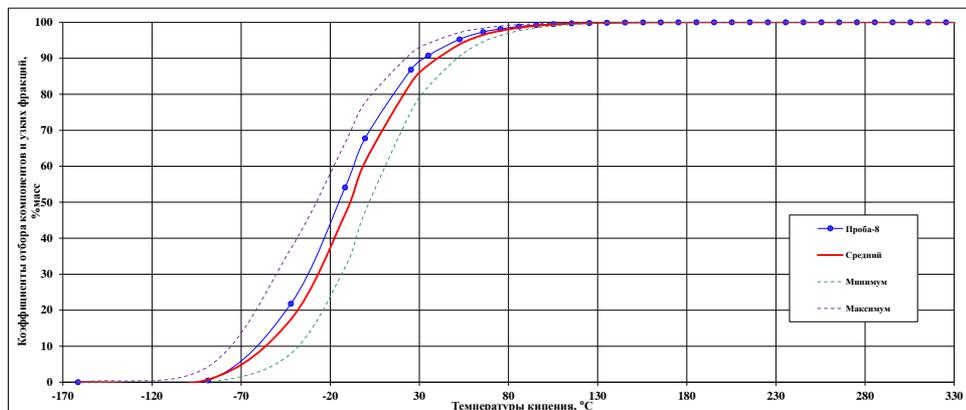


Рисунок 8 - ФОК для модели дегазации PvTv



## Индивидуальные факторы наклона сигмоиды для режимов дегазации. Проба, средние, минимальные и максимальные по массиву проб

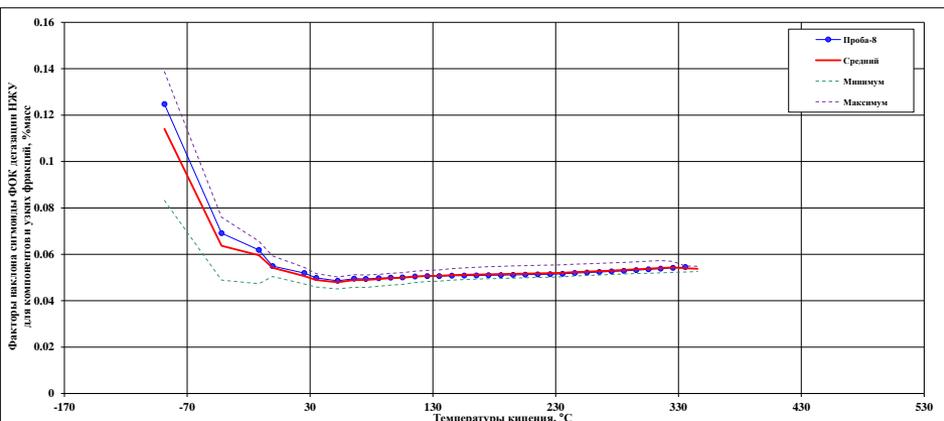


Рисунок 9 - Для модели дегазации PvTv

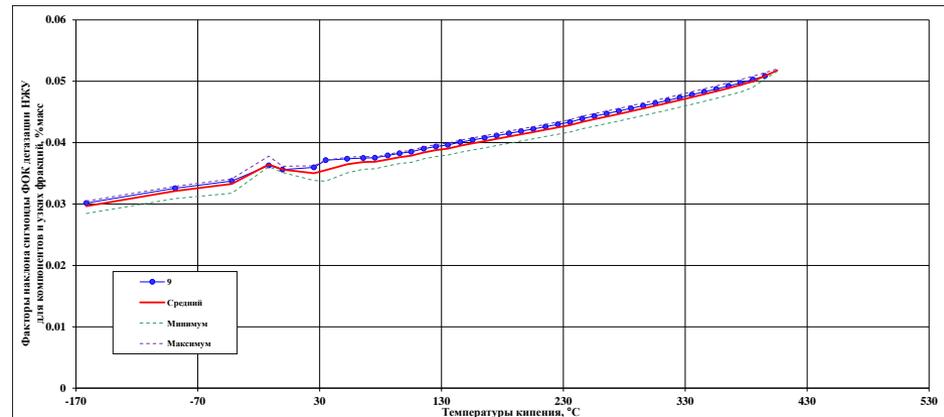


Рисунок 10 - Для модели дегазации PcTc

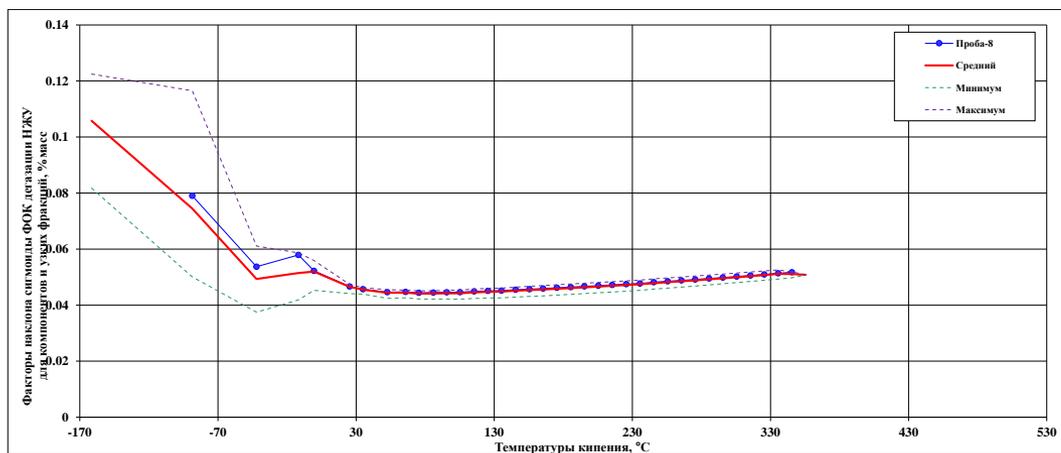


Рисунок 11 - Для модели дегазации PcTv



## Этапы определения компонентного состава НЖУ по экспресс-методике

1. Отбор пробы НЖУ.
2. Разгазирование пробы НЖУ с определением масс газа дегазации (ГД) и стабильных жидких углеводородов (СЖУ).
3. Экспериментальное (хроматографическое) определение содержания компонентов С1-С5, С6+ в газе дегазации.
4. Итерационный поиск нового ключевого параметра  $T_{k50}$ , удовлетворяющего заданным исходным данным.
5. Расчет состава НЖУ с применением уравнения сигмоиды на каждой итерации.



## Исходные данные

1. Массовые доли компонентов  $C_1$ - $C_5$ ,  $C_{6+}$  в газе дегазации (ГД).
2. Массы ГД и СЖУ, полученные при разгазировании пробы НЖУ;
3. Среднее статистическое значение компонентов  $C_{6+}$  в составе СЖУ (для данного типа флюида или точки отбора)
4. Статистически усреднённые параметры настройки функции отбора компонентов (ФОК). ФОК представляет собой совокупность коэффициентов отбора компонентов (индивидуальных компонентов и фракций). Коэффициент отбора – это массовая доля компонента, %, отбираемая в жидкую фазу при условии парожидкостного разделения.

$$K_i^{жс} = \frac{G_i^{жс}}{G_i^{вх}},$$

- $K_i^{жс}$  – коэффициент отбора  $i$ -того компонента в жидкий продукт УР,
- $G_i^{жс}$  – масса  $i$ -того компонента в жидком продукте УР,
- $G_i^{вх}$  – масса  $i$ -того компонента во входящем в УР потоке ,



## Пример заполнения таблиц с исходными данными

Продукты процесса дегазации	Массовые доли продуктов процесса дегазации:
СЖУ	0,680
ГД	0,320
Среднее содержание компонентов $C_{6+}$ в СЖУ (% масс.):	81

Таблица 1 - Выходы продуктов процесса дегазации и среднее содержание компонентов  $C_{6+}$  в СЖУ

Компонент ГД	Факторы наклона ФОК ( $S_i$ ), 1/°C	Составы ГД, % масс.:
Метан	0,0569	16,9
Этан	0,0877	19,5
Пропан	0,0683	31,9
Изобутан	0,0638	10,5
Н-бутан	0,0520	12,5
Изопентан	0,0467	3,5
Н-пентан	0,0467	2,5

Таблица 2 - Состав газа дегазации и факторы наклона ФОК



## Пример заполнения таблиц с расчетными данными

Компонент	Масса компонента, г.
Метан	0,0541
Этан	0,0625
Пропан	0,1020
Изобутан	0,0335
Н-бутан	0,0399
Изопентан	0,0112
Н-пентан	0,0080
C <sub>6+</sub>	0,0090

Таблица 3 - Расчетные массы компонентов ГД

Компонент	КО
Метан	0,0043
Этан	0,0113
Пропан	1,9821
Изобутан	15,3890
Н-бутан	30,8716
Изопентан	61,8070
Н-пентан	71,7866

Таблица 4 - Расчетные КО в тяжелый продукт

Компонент	Содержание в СЖУ, % масс.	Содержание в НЖУ, % масс.
Метан	0,0003	5,4080
Этан	0,0010	6,2490
Пропан	0,3033	10,4045
Изобутан	0,8956	3,9568
Н-бутан	2,6193	5,7686
Изопентан	2,6643	2,9309
Н-пентан	2,9852	2,8273
C <sub>6+</sub>	90,5309	62,4549

Таблица 5 - Расчетные составы СЖУ и НЖУ



## Статистика исследований

ТЮМЕННИИГИПРОГАЗ

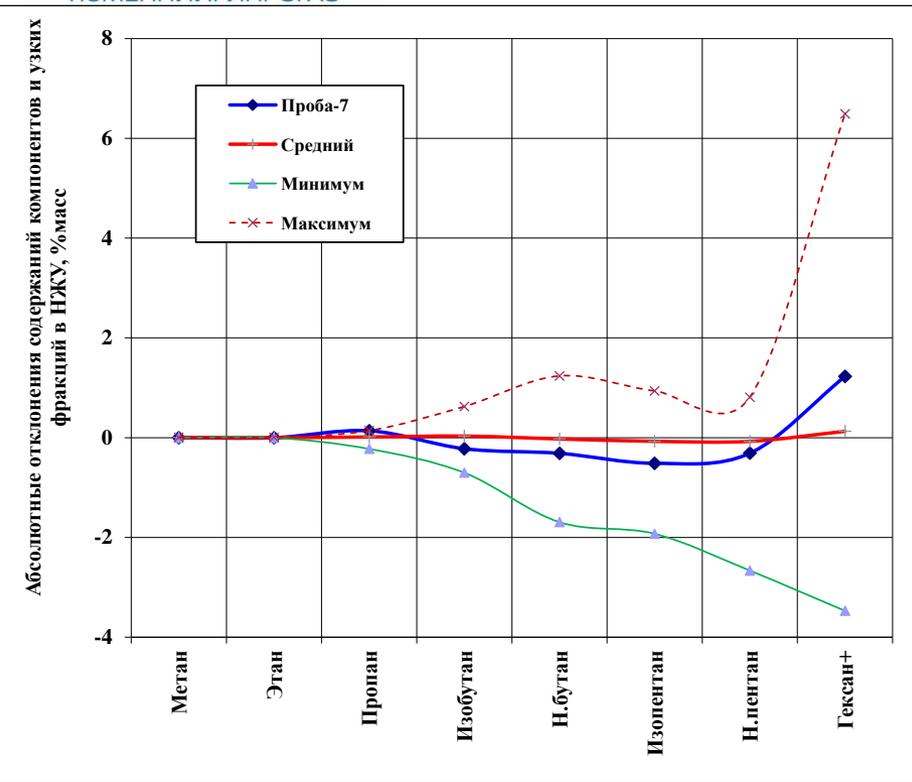


Рисунок 12 – Абсолютные отклонения

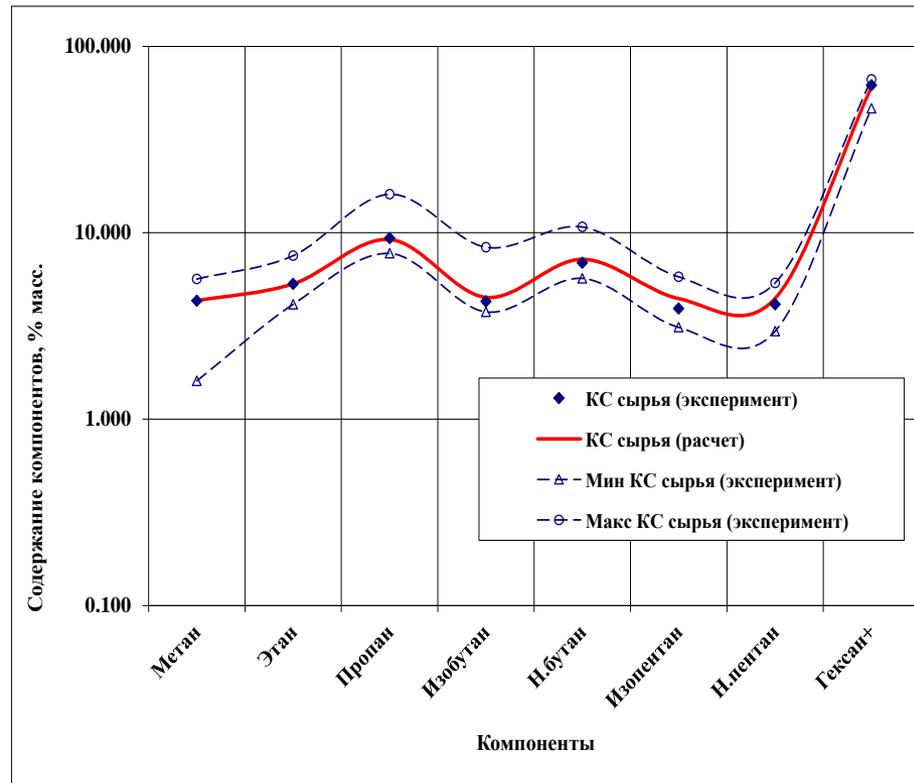


Рисунок 13 – Содержание компонентов, % масс.



## Заключение

- Для сокращения времени и затрат ХАЛ на экспериментальные определения составов НЖУ необходима разработка и стандартизация на уровне не ниже СТО Газпром (предпочтительно ГОСТ Р) НД по методам определений кратких составов (С1-С5, С6+) НЖУ для широкого применения в областях, не требующих установления подробных КФС потоков.
- Представленный в докладе экспресс-метод предлагается для реализации в составе такого НД (наряду с чисто хроматографическими определениями) как наиболее экономичный при аналитических процедурах с разгазированием проб НЖУ.
- Предложенный экспресс-метод можно отнести к разряду виртуальных анализаторов (ВА), но работающих (в отличие от большинства применяемых) не на чистой статистике, а с использованием матмоделей. Интересны в развитии данного направления имеющиеся наработки по созданию ВА КФС НЖУ на базе непрерывного потокового измерения плотности потоков.
- Для эффективной реализации и использования методов определений подробного КФС и краткого КС целесообразно разработать НД по унификации терминологии, форматов, способов определения и областей применения составов НЖУ и стандартизации его на уровне как минимум Р Газпром.



**Спасибо за внимание!  
Доклад закончен, готов  
выслушать Ваши  
вопросы и предложения**