



Опыт углеводородных хладагентов в циклах производства СПГ



к.х.н., директор по развитию ООО «НПТ «Синтез»

*к.т.н., главный редактор журнала «Холодильная техника»
E-mail: talyzin_maxim@mail.ru*

Пономарев В. Г.

Талызин М.С.

Циклы, применяемые при производстве СПГ:

- Классический каскадный цикл на 3-х рабочих веществах.
- Однопоточный цикл на многокомпонентном хладагенте с одним и двумя контурами (цикл А.П. Клименко).
- Детандерный цикл с использованием перепада давления на газоредуцирующих станциях (ГРС).
- Дроссельный цикл с использованием перепада давления на ГРС.
- Цикл с использованием жидкого азота из ВРУ.

Холодильные агенты:

<i>Компонент</i>	<i>Температура, °C</i>	<i>Компонент</i>	<i>Температура, °C</i>
<i>Азот</i>	<i>-195,8</i>	<i>Пропан</i>	<i>-42,1</i>
<i>Метан</i>	<i>-161,5</i>	<i>И-бутан</i>	<i>-11,7</i>
<i>Этилен</i>	<i>-103,7</i>	<i>Н-бутан</i>	<i>-0,5</i>
<i>Этан</i>	<i>-88,6</i>	<i>И-пентан</i>	<i>27,9</i>
<i>Пропилен</i>	<i>-47,2</i>	<i>Н-пентан</i>	<i>36,1</i>

Требования к исходным компонентам. Пропан:

№ п/п	Наименование компонента	Единица измерения	Содержание компонента
1	Пропан, не менее	% мол.	95
2	Этан, не более	% мол.	2
3	Сумма бутанов, не более	% мол.	3
4	СО ₂ , не более	ppm мол.	50
5	Метанол, не более	ppm мол.	1
6	Вода, не более	ppm мол.	20
7	Сероводород, не более	ppm мол.	5
8	Общая сера, не более	ppm мол.	5
9	Диены, не более	ppm мол.	5
10	1,3-бутадиен, не нормируется	ppm мол.	определение обязательно
11	Алкины, не более	ppm мол.	5
12	Оксигенаты, не нормируется	ppm мол.	определение обязательно
13	Кислород, не более	ppm мол.	1
14	Олефины (C ₂ , C ₃ , C ₄), не более	% мол.	1
15	Пропилен, не нормируется	ppm мол.	700

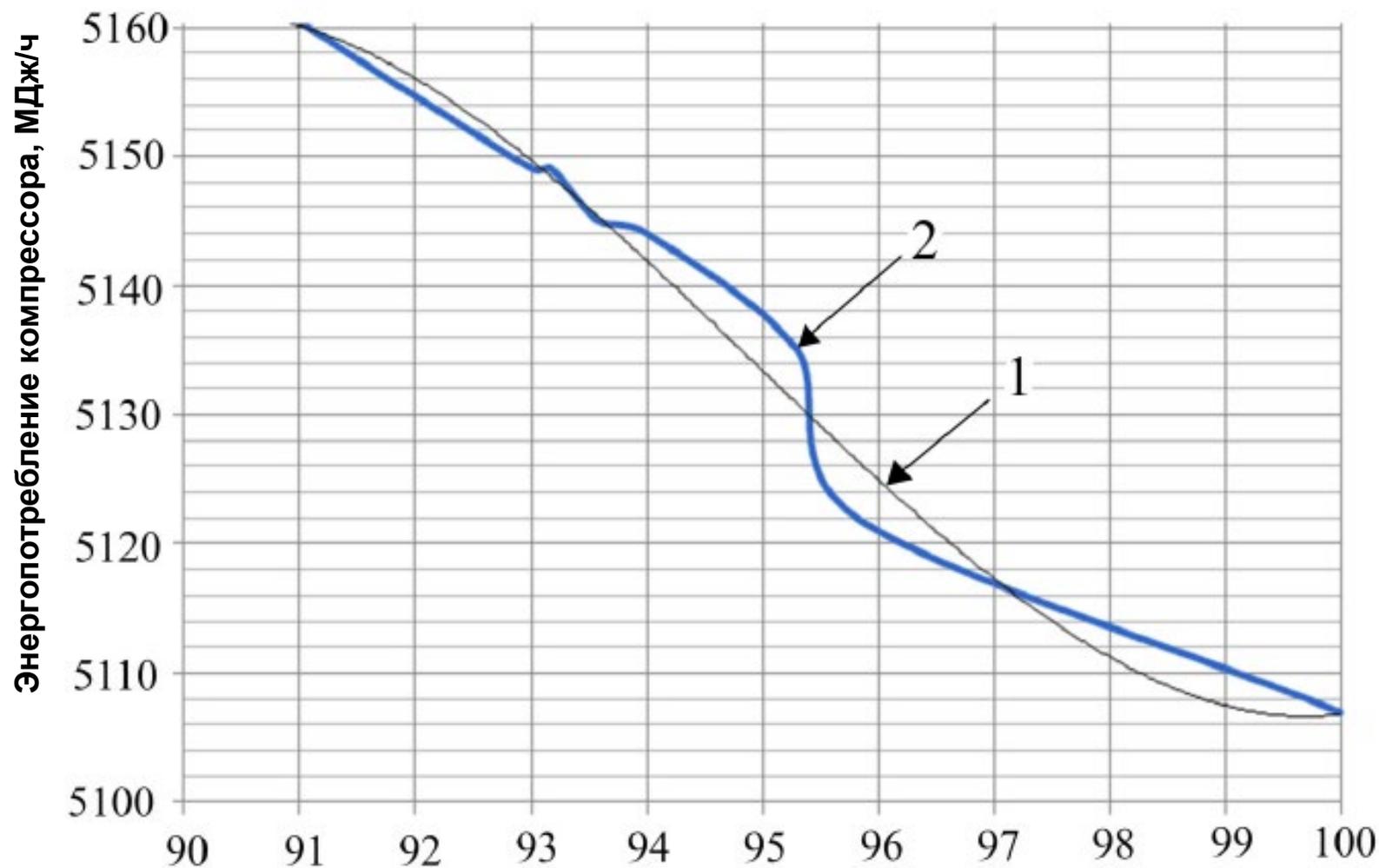
Технические характеристики. Пропан:

№ п/п	НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ	НОРМА		
		Хладон R290 МАРКА А ТУ 19.20.31-089- 48420562-2017	Хладон R290 МАРКА Б ТУ 19.20.31-089- 48420562-2017	Пропан ВЧ 4.0 ТУ 19.20.31-098- 48420562-2018
1.	Внешний вид	Бесцветный газ без запаха		
2.	Объёмная доля, компонентов, %			
	– пропана, %, не менее	99,9	99,8	99,99
	– сумма низкокипящих компонентов (воздух, метан, этан), не более	0,050	0,050	0,008
	– сумма высококипящих компонентов (пропилен, углеводороды C ₄) и выше	0,150	0,150	0,006
3.	Массовая доля сероводорода и меркаптановой серы %, не более	0,0001	0,0001	0,0010
4.	Массовая доля воды, % не более	0,001	0,001	0,0012
5.	Массовая доля нелетучего остатка, %, не более	0,01	0,01	0,001

Влияние на эксплуатационные характеристики

- В смесевом хладагенте в связи с низкой растворимостью в этих условиях его примесей - оксигенатов (спирты, эфиры, кислоты), а также бензола, углекислого газа существует высокий риск образования твердой фазы.
- В результате осаждения твердой фазы появляются отложения на теплообменных поверхностях, ухудшающие теплообмен, а также уменьшается просвет теплообменных трубок с последующей их закупоркой, в результате неизбежна остановка технологической линии для размораживания для очистки теплообменников.
- Непредельные соединения, в том числе диены, в этих температурных условиях полимеризуются на стенках теплообменника, затрудняя теплопередачу и ухудшая процесс сжижения природного газа.
- Серосодержащие (меркаптаны) могут вызывать коррозию оборудования.
- Снижение эффективности оборудования
- Повышенный износ компонентов контура

Снижение эффективности оборудования



Содержание пропана в хладагенте, %
1- аппроксимация; 2 – расчетные данные

Высокие показатели качества обеспечиваются

- ✓ **чистое сырьё**
- ✓ **отдельные максимально селективные методы очистки от каждой примеси**
- ✓ **правильный подбор последовательности методов очистки - ректификация, кондиционирование, сорбция грубая и финишная, фильтрация, кондиционирование**
- ✓ **выбор материалов для технологического оборудования и тары – подготовка внутренних поверхностей оборудования с прогревом установки под глубоким вакуумом и продувкой очищенным продуктом**
- ✓ **особое внимание подключению транспортных ёмкостей и пробоотбору - для каждого хладагента – своя ёмкость хранения сырья, своя ректификационная установка, свои пробоотборники, стационарные накопители готового продукта и отдельные танк-контейнеры; хроматограф в составе автоматизированной ректификационной установки**
- ✓ **контроль процессов с целью предохранения от влияния воздуха**

Патент RU2714123C1_20200212:

предварительная очистка технического сжиженного углеводородного газа от меркаптанов в адсорбере(адсорбент - силикагель, пропитанный насыщенным раствором сульфата или хлорида меди(II));

- очистка сжиженного углеводородного газа от непредельных углеводородов C3 -C4 в химическом реакторе;
- очистка сжиженного углеводородного газа от углеводородных и воздушных примесей в ректификационной установке;
- осушка целевого продукта.



«СПГ Портовая», Ленинградская область



СПГ «Криогаз - Высоцк», Ленинградская область



**СПАСИБО
за внимание!**

