

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Краткая характеристика проектируемого процесса и выбор схемы

Производство пиролиза углеводородов нефти, компримирования, разделения пирогаза является крупнотоннажной установкой получения этилена, пропилена, бутилен-бутадиеновой фракции, фракции C₅, тяжелой смолы пиролиза и пироконденсата.

Производство пиролиза углеводородов нефти, компримирования, разделения пирогаза входит в состав ООО «СИБУР-Кстово» и включает следующие технологические установки:

- установка пиролиза, предназначенная для термического разложения углеводородного сырья при температуре $810 \div 855^{\circ}\text{C}$, состоящая из узла печей пиролиза, включающего печи F-01, F-02-09 производства ЧССР и печей F-110, F-120, F-130 фирмы КТИ (Нидерланды).

- установка первичного разделения пирогаза (ПРП), предназначенная для охлаждения пирогаза, выделения из него товарной пиролизной смолы, легкой пиролизной смолы и технологического водного конденсата; включает узлы:

- узел первичного разделения пирогаза,
- узел водной промывки пирогаза,
- узел выработки пара разбавления,
- узел выработки пара низкого давления,
- узел подготовки топливного газа и сырья пиролиза,
- узел приготовления, хранения и дозировки реагентов,
- узел охлаждения и уплотнения насосов.

- установка подготовки продуктов пиролиза (ППП), предназначенная для очистки производственного конденсата и использования его в качестве питательной воды при выработке пара высокого давления (128 кгс/см^2), перегрева насыщенного водяного пара, подогрева метано-водородной фракции; включает узлы:

- пароперегреватель (F - 10A, B),
- печь для подогрева метано-водородной фракции П-4,
- узел накопления и обезмасливания производственного конденсата,
- узлы сбора и обезмасливания производственного конденсата, охлаждения производственного и турбинного конденсата,
- узел очистки воды на ионитах,
- узел термической дегазации воды,
- узел регенерации и гидроперегрузки ионитов,
- система пара высокого давления БРОУ 140/12 (быстродействующая редуцирующая охлаждающая установка), РОУ 140/12), РОУ 140/40 (редуцирующая охлаждающая установка),
- система пара среднего давления ОУ-12, ОУ-12А (охлаждающая установка пара среднего давления 15 кгс/см^2),
- система пара низкого давления РД 12/4 (редуцирование пара среднего давления)

					ВКР-НГТУ-14ХТПв(Т)-000-18	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- установка компримирования пирогаза, предназначенная для компримирования пиролизных газов и хладагентов - этилена и пропилена; включает узлы:

узел пирогазового компрессора М-1,
узел «теплового насоса» М-4,
узел этиленового компрессора М-5,
узел пропиленового компрессора М-6.

- установка высокотемпературного газоразделения (ВТГ), предназначенная для выделения из сконденсированных продуктов пиролиза товарных пропилена, бутилен – бутadiеновой фракции, фракции C₅ и пироконденсата - сырья для получения бензола; включает узлы:

узел щелочной очистки пирогаза,
узел выделения, гидрирования и осушки пропан-пропиленовой фракции,
узел выделения товарного пропилена,
узел выделения бутилен- бутadiеновой фракции,
узел выделения фракции углеводородов C₅,
узел стабилизации пироконденсата и пиролизного бензина,
узел конденсатного хозяйства.
узел приготовления и дозировки ингибиторов полимеризации,

- установка низкотемпературного газоразделения (НТГ), предназначенная для выделения из пирогаза водородной, метановой, этановой фракций, товарного этилена; включает узлы:

узел осушки пирогаза,
узел охлаждения пирогаза и выделения водородной фракции,
узел дeметанизации,
узел выделения, гидрирования и осушки этан- этиленовой фракции,
узел выделения товарного этилена,
узел этиленового и пропиленового холодильных циклов,
узел очистки водородной фракции,
узел факельного и метанольного хозяйства.

В состав производства пиролиза углеводородов нефти, компримирования, разделения пирогаза кроме вышеперечисленных установок входит установка переработки пироконденсата (цех получения бензола), ведение технологического процесса которой определено «Технологическим регламентом на производство бензола производства пиролиза углеводородов нефти, компримирования, разделения пирогаза ООО «СИБУР-Кстово» ТР 07-100-2010.

В дальнейшем для простоты изложения производство пиролиза углеводородов нефти, компримирования, разделения пирогаза (без установки переработки пироконденсата) в настоящем регламенте обозначено как производство ЭП-360 или установка ЭП-360.

Компоновка производства ЭП-360 выполнена следующим образом:

-блок печей пиролиза, пароперегреватель и печь подогрева регенерационного метана;

					ВКР-НГТУ-14ХТПв(Т)-000-18	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- здание компрессорной азота высокого давления;
- здание установки подготовки продуктов пиролиза;
- наружная установка подготовки пирогаза, прилегающая к зданию установки подготовки продуктов пиролиза;
- здание компрессорной установки;
- наружная установка компрессии;
- наружная установка газоразделения;
- здание центрального пульта управления.

Технологическая схема выполнена одним потоком.

Проектная производительность производства по этилену составляет 300,0 тыс. т /год.

Максимальная часовая производительность производства по этилену, достигнутая при определении фиксированного пробега установки в 2004г. составила 33,0 т/ч, или 88,0% от проектной производительности.

Максимальная годовая производительность производства по этилену достигнута в 2011 г. и составила 245059 т/год, или 81,6 % от проектной производительности.

В 2014 г. выполнена реконструкция установки с целью повышения производительности по продуктовому этилену до 360 тыс. т в год и пропилену до 180 тыс. т в год.

					ВКР-НГТУ-14ХТПв(Т)-000-18	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.2 Теоретические основы процесса

Разделение углеводородов основано на том, что каждый углеводород имеет свою температуру кипения. Основным фактором, влияющим на полноту разделения компонентов, на чистоту получаемых продуктов, на энергозатраты и эксплуатационные расходы, связанные с разделением, является различие в температурах кипения (упругости паров) разделяемых компонентов. Чем ближе температура кипения компонентов, тем труднее их разделить. Для того, чтобы достигнуть хорошего разделения нужны колонны с большим числом тарелок. При этом процесс следует вести с большой кратностью орошения. С увеличением четкости ректификации необходимое количество тарелок и кратность орошения возрастают. Увеличение кратности орошения вызывает необходимость увеличения диаметра ректификационной колонны, при этом увеличение расхода тепла и охлаждающей воды, а также увеличивается поверхность кипятильников и конденсаторов. Поэтому процесс ректификации ведут конденсационно-ректификационным методом, где основные затраты приходятся на создание низких температур. В связи с этим большое значение имеет эффективность и экономичность применяемых холодильных циклов (этиленового и пропиленового холодильного цикла ЭХЦ, ПХЦ

Разделение газа может осуществляться при низком и высоком давлении

При низком давлении ($t = -120^{\circ}\text{C}$, $P = 12,7-19,6\text{кг}$) расширяется интервал температур кипения разделяемых углеводородов и увеличивается их относительная летучесть, вследствие чего для разделения требуется меньше тарелок, флегмовое число снижается, а четкость разделения может быть очень высокой. Однако для создания низких температур необходим метановый холодильный цикл, более сложное оборудование, что менее экономично, чем ЭХЦ при высоких давлениях. Кроме того, установки разделения газа при низком давлении малопроизводительны, очень чувствительны к изменению состава газа, их значительно труднее автоматизировать, чем установки разделения газа при высоком давлении.

В России главным образом применяют метод разделения газа при высоком давлении. Ректификация сжиженных газов отличается от ректификации нефтяных фракций повышенным давлением, позволяющим уменьшить объем оборудования, создать жидкое орошение и необходимое для разделения температурное поле, а также высокой четкостью ректификации вследствие близости температуры кипения разделяемых фракций

					ВКР-НГТУ-14ХТПв(Т)-000-18	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.3 Характеристика сырья, готовой продукции и вспомогательных материалов

Таблица 1 – Характеристика вспомогательных материалов

№ п/п	Наименование материалов, реагентов, катализаторов.	Показатели качества, подлежащие проверке	Норма по нормативному документу (ГОСТ, ОСТ, СТП, ТУ)	Область применения изготавливаемой продукции
1	Фракция пропиленовая	1. Объемная доля пропилена, %, не менее	90	Сырье для химической промышленности
		2. Объемная доля этана и этилена, в сумме, %, не более	0,7	
		3. Объемная доля пропана, %, не более	10	
		4. Объемная доля углеводородов C ₄ и выше, %, не более	0,5	
		5. Массовая концентрация сернистых соединений в пересчете на серу, мг/м ³ , не более	3	
2	Водородсодержащий газ с установки НТГ	1. Объемная доля водорода, %, в пределах	85 ÷ 99	Используется для гидрирования ацетиленистых соединений пропан-пропиленовой фракции
		2. Объемная доля окиси углерода, %, не более	0,5	
		3. Объемная доля этилена, %, не более	0,1	
		4. Объемная доля ацетилена, % не более	0,001	
		5. Объемная доля СО, % не более	0,001	
		6. Объемная доля СО ₂ , не более	0,0005	
		7. Объемная доля сероводорода, не более	0,0005	
		8. Объемная доля воды, не более	0,0005	
3	Цеолит синтетический КА-У	1. Насыпная плотность, кг/м ³ , не менее	720	Для осушки ППФ в аппаратах С-4/1,2
		2. Размер гранул по среднему диаметру, мм	2,9±0,3	
		3. Механическая прочность на раздавливание, кг/мм ² , не менее	1,5	
		4. Динамическая емкость по парам воды, для размера гранул по среднему диаметру 2,9±0,3, мг/см ³ , не менее	115	
		5. Динамическая емкость по углекислому газу для размера гранул по среднему диаметру 2,9±0,3, мг/см ³ , не более	0,7	

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Наименование материалов, реагентов, катализаторов.	Показатели качества, подлежащие проверке	Норма по нормативному документу (ГОСТ, ОСТ, СТП, ТУ)		Область применения изготавливаемой продукции
4	Цеолит синтетический формованный со связующим КА	1. Внешний вид	черенок		Для осушки ППФ в аппаратах С-4/1,2
		2. Насыпная плотность, кг/м³, в пределах	650÷850		
		3. Размер гранул по среднему диаметру, мм	3,0±0,4		
		4. Массовая доля водостойкости, %, не менее	97		
		5. Массовая доля потерь при прокаливании, %, не более	10		
5.	Метанол технический	1. Внешний вид	А	В	Используется в аппаратах Р-3/1,2 как теплоноситель
			Бесцветная прозрачная жидкость без нерастворимых примесей		
		2. Плотность при 20°С, кг/м³	791 ÷ 792		
		3. Смешиваемость с водой	Смешивается с водой без следов помутнения и опалесценции		
		4. Температурные пределы:	64,0 ÷ 65,5		
		- предел кипения, °С			
		- 99% продукта перегоняется в пределах, °С, не более	0,8	1,0	

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Наименование материалов, реагентов, катализаторов.	Показатели качества, подлежащие проверке	Норма по нормативному документу (ГОСТ, ОСТ, СТП, ТУ)		Область применения изготавливаемой продукции
		5. Массовая доля воды, %, не более	0,05	0,08	
		6. Массовая доля свободных кислот в пересчете на муравьиную кислоту, %, не более	0,0015		
		7. Массовая доля альдегидов и кетонов в пересчете на ацетон, %, не более	0,003		0,008
		8. Массовая доля летучих соединений железа в пересчете на железо, %, не более	0,00001		0,0005
		9. Испытание с перманганатом калия, мин, не менее	60	30	
		10. Массовая доля аммиака и аминокислот в пересчете на аммиак, %, не более	0,00001	-	
		11. Массовая доля хлора, %, не более	0,0001	0,001	
		12. Массовая доля серы, %, не более	0,0001	0,001	
		13. Массовая доля нелетучего остатка после испарения, %, не более	0,001	0,002	
		14. Удельная электропроводность, Ом ⁻¹ см ⁻¹ , не более	3 · 10 ⁻⁵	-	
		15. Массовая доля этилового спирта, %, не более	0,01	-	
		16. Цветность по платинокобальтовой шкале, единицы Хазена, не более	5	-	

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Наименование материалов, реагентов, катализаторов.	Показатели качества, подлежащие проверке	Норма по нормативному документу (ГОСТ, ОСТ, СТП, ТУ)	Область применения изготавливаемой продукции
6	Катализатор Ole-Max 301/302	Внешний вид	сферическая 3-5мм	Для гидрирования ацетиленистых в ППФ в реакторах Р-3/1,2
		1. Массовая доля палладия, %	$0,03 \pm 0,005$	
		2. Массовая доля оксида алюминия	баланс	
		3. Площадь поверхности, м²/г, не менее	160 ± 20	
		4. Массовая доля потерь при прокаливании при 540 °С, %, не более	5,0	
		5. Насыпная плотность, кг/м³	650 ± 50 (сферы)	
		6. Прочность на раздавливание, Н, не менее	≥ 50	
7	Реагент ЕС 3268А	1. Внешний вид	Оранжевокрасная прозрачная жидкость	Дозируется в колонну К-14 для снижения полимеризации углеводородов
		2. Температура вспышки, °С, более	51	
		3. Плотность при 16 °С, кг/м³	883	
		4. Вязкость при 40 °С, мм²/сек	3,2	
8	Пропановая фракция (из куба К-17)	1. Объемная доля, %		Используется как добавка к сырью пиролиза
		- пропилена, не более	10,0	
		- пропана, не менее	35,0	
		- суммы углеводородов C ₄ , не более	2,0	
9	Фракция пропиленовая	1. Объемная доля пропилена, %, не менее	90,0	Сырье для химической промышленности
		2. Объемная доля пропана, %, не более	10,0	
		3. Объемная доля углеводородов C ₄ и выше, %, не более	0,5	
		4. Объемная доля этана и этилена в сумме, %, не более	0,7	
		5. Массовая концентрация сернистых соединений в пересчете на серу, мг/м³, не более	3	

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Наименование материалов, реагентов, катализаторов.	Показатели качества, подлежащие проверке	Норма по нормативному документу (ГОСТ, ОСТ, СТП, ТУ)	Область применения изготавливаемой продукции
10	Сжатый воздух	1. Класс загрязненности		Для КИП и систем ПАЗ
		2. Размер твердой частицы, мкм, не более		
		3. Массовая концентрация посторонних примесей, мг/м ³ , не более:		
		- твердые частицы		
		- вода (в жидком состоянии)		
		- масла (в жидком состоянии)		
		3. Температура точки росы сжатого воздуха		

Таблица 2 – Характеристика готовой продукции

№№ п/п	Наименование готовой продукции.	Показатели качества, подлежащие проверке	Норма по нормативному документу (ГОСТ, ОСТ, СТП, ТУ)		Область применения изготавливаемой продукции
1	Этилен	1.Объемная доля этилена, %, не менее	99,9		Сырье для химической промышленности
		2.Объемная доля пропилена, %, не более	0,005		
		3.Объемная доля метана и этана, %, не более	0,1		
		4.Объемная доля ацетиленa, %, не более	0,001		
		5.Объемная доля диеновых углеводородов (пропадиена и бутадиена) %, не более	0,0005		
		6.Объемная доля двуокиси углерода, %, не более	0,001		
		7.Объемная доля окси углерод a, %, не более	0,0005		
		8.Объемная доля метанола, %, не более	0,001		
		9.Объемная доля кислорода в продукте, поставляемом по трубопроводу, %, не более	0,0002		
2.	Пропилен	1.Объемная доля пропилена, %, не менее	Высший сорт	Первый сорт	Сырье для химической промышленности
			99,8	99,0	
		2.Объемная доля этилена, %, не более	0,005		
		3.Объемная доля ацетиленa и метилацетиленa, %, не более	0,001		
		4.Объемная доля углеводородов C ₄ , %, не более	0,002		

Продолжение таблицы 2

№№ п/п	Наименование готовой продукции.	Показатели качества, подлежащие проверке	Норма по нормативному документу (ГОСТ, ОСТ, СТП, ТУ)	Область применения изготавливаемой продукции
		5.Объемная доля диеновых углеводородов (пропадиена и бутадиена), %, не более	0,001	
		6.Объемная доля этана и пропана, %, не более	0,2	
		7.Массовая концентрация серы, мг/м ³ , не более	1	
		8.Массовая доля воды, %: -в продукте, поставляемом по трубопроводу	0,0005	
		-в продукте, поставляемом в цистернах и баллонах	0,02	
		9.Содержание свободной воды	отсутствие	