

«Engineering and Consulting PFA Alexander Gadetskiy»

**MASTER**

<https://makston-engineering.ru/>

**Discipline:** Pentane-amylene fraction, isoprene, pentene isomerization, isopentane dehydrogenation, isoamylene dehydrogenation

**Name:** [Alexander.gadetskiy@inbox.lv](mailto:Alexander.gadetskiy@inbox.lv) **Sign.**

**Date:** 08.08.2013

**Обновлено:** 30.12.2021 **Обновлено:** 28.02.2024



## Варианты технологий переработки пентан-амиленовой фракции каталитического и парового крекинга в изопрен для СКИ.



Dipl. engineer Alexander Gadetskiy, phone: +40 (748) 148 257; e-mail: [alexander.gadetskiy@inbox.lv](mailto:alexander.gadetskiy@inbox.lv)  
Certificate of registration on engineering activities and technical consultations № F4/172/17.02.2014  
Certificate of registration on engineering and technical consultancy activities № J4/918/09.06.2023.

<https://makston-engineering.ru/>

## СОДЕРЖАНИЕ

1	ТАУ-Нефтехим завод синтетического каучука. Сырьевые альтернативы. выделение фракции C <sub>5</sub> на заводах России .....	4
2	Количественный состав фракции C <sub>5</sub> парового и каталитического крекингов.	6
3	Процесс выделения фракции C <sub>5</sub> из бензина каталитического крекинга.....	8
4	Процесс изомеризации n-пентенов из фракций C <sub>5</sub> парового и каталитического крекингов в изо-пентены.....	10
5	Наличие лицензионных технологий по выделению изопрена и дегидрированию амиленов в изопрен .....	11
6	Возможности синергии «ТАУ-Нефтехим завода Синтетического каучука» и ОАО «Салаватнефтеоргсинтез».....	12
7	Балансовые количества основных компонентов.....	13
	Таблица регистрации изменений.....	14
	Приложение 1 - Схема процесса выделения фракции C <sub>5</sub> из бензина каталитического крекинга.....	15
	Приложение 2 - Схема процесса изомеризации n-пентенов в изо-пентены .....	16
	Приложение 3 - Схема экстракции изопрена N-метилпирролидоном из фракции C <sub>5</sub> парового крекинга. Лицензия «BASF» .....	17
	Приложение 4 - Схема экстракции изоамиленов из фракции C <sub>5</sub> каталитического крекинга или из рафината после экстракции изопрена из фракции C <sub>5</sub> парового крекинга.....	18
	Приложение 5 - Схема получения изопрена дегидрированием изоамиленов ...	19
	Приложение 6 - Схема работы производства изопрена «ТАУ-Нефтехим завода синтетического каучука» на основе сырья каталитического крекинга и парового пиролиза ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» .....	20

## 1 ТАУ-НЕФТЕХИМ ЗАВОД СИНТЕТИЧЕСКОГО КАУЧУКА. СЫРЬЕВЫЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ. ВЫДЕЛЕНИЯ ФРАКЦИИ C<sub>5</sub> НА ЗАВОДАХ РОССИИ

Основная и единственная проектная сырьевая составляющая для производства изопренового каучука  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$  (2-метилбутадиена-1,3) на УК «ТАУ-Нефтехим», это пентан-изопентановая фракция, которая планировалась к поставке с газодифракционирующими установками (ГФУ) работающими на ШФЛУ. Со временем поставка пентан-изопентановой фракции по этой схеме стала проблематичной, и в качестве дополнительного источника сырья рассматривались нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ), каждый из которых имеет этот продукт в составе своих установок:

- газодифракционирующая установка (ГФУ), собирающая все предельные газы от АВТ, гидроочистки нефти, каталитического риформинга, в качестве конечного продукта способна выдавать до 25% изопентана и 20% н-пентана от подаваемого сырья;

- установка АВТ в балансовых количествах генерирует до 2-4% фракции C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> от подаваемого сырья (пентана и изопентана в этой фракции не менее 30%);

- установка гидроочистки (ГО) нефти в балансовых количествах генерирует до 7-10% фракции C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> от подаваемого сырья (пентана и изопентана в этой фракции не менее 50-60%);

- установка каталитического риформинга бензиновых фракций в балансовых количествах генерирует до 12% фракции C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> от подаваемого сырья (пентана и изопентана в этой фракции не менее 15-20%).

Получаемые количества пентан-изопентановой фракции от НПЗ определяются, исходя из следующих показателей:

- мощность всех установок АВТ в России не превышает 270 млн. тонн в год (данные на конец 2020 г.), количество пентан-изопентановой фракции составит:  $270 \times 4\% \times 30\% = 3,2$  млн. тонн в год;

- мощность всех установок гидроочистки нефти в России не превышает 40 млн. тонн в год (данные на конец 2020 г.), количество пентан-изопентановой фракции составит:  $40 \times 10\% \times 60\% = 2,4$  млн. тонн в год;

- мощность всех установок каталитического риформинга бензиновых фракций в России не превышает 35 млн. тонн (по данным на конец 2020 г.), количество пентан-изопентановой фракции составит  $35 \times 12\% \times 20\% = 0,84$  млн. тонн в год.

Таким образом, потенциал всех НПЗ России по производству пентан-изопентановой фракции к 2020 г. составит:  $3,2 + 2,4 + 0,84 = 6,44$  млн. тонн в год. В то же время мощность установок изомеризации фракции C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub> в 2010 г. составляла

6,1 млн. тонн, в 2015 г. составляла 9,7 млн. тонн, а к 2020 г. запланировано увеличение мощностей установок изомеризации до 10,7 млн. тонн. В этой ситуации возникает проблема компенсации дефицита сырья для установок изомеризации, без которых выпуск бензинов 4 и 5 класса является проблематичным. Предлагается три решения:

- увеличение доли  $C_6$  во фракции  $C_5$ - $C_6$ . Однако увеличение возможно не более чем до 20% без ущерба для экономики процесса;

- замена изомеризата на алкилат. Однако установка изомеризации стоит дешевле установки алкилирования и кроме того, установка алкилирования не возможна без установки каталитического крекинга, которую, в свою очередь, не каждый завод закладывает в перспективные планы до 2020 г.;

Мощность всех ГФУ РФ (с учётом пуска второй очереди ЦГФУ Тобольска) не превысят 15 млн. тонн, а содержание пентан-изопентановой фракции в ШФЛУ не более 15% (7 и 8% соответственно), следовательно, потенциал  $C_5$  в ШФЛУ составляет  $15 \times 15\% = 2,5$  млн. тонн.

Из расчётов следует, что заявленные нефтепереработчиками мощности по изомеризации с трудом будут удовлетворены за счёт собственных ресурсов (6,44 млн. тонн) и ресурсов газопереработчиков (2,25 млн. тонн) с учётом того, что изомеризация будет проводится не только фракции  $C_5$ , но и с добавкой 20% балласта в виде фракции  $C_6$ .

Таким образом, для производства изопрена сырьевая ниша в виде пентан-изопентановой фракции практически исчезает.

Одним из альтернативных сырьевых вариантов для производства изопрена является использование фракции  $C_5$  каталитического и парового крекингов.

## 2 КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ФРАКЦИИ C<sub>5</sub> ПАРОВОГО И КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГОВ

**Таблица 2.1** приведены составы фракций C<sub>5</sub>, получаемые на установках каталитического (КК) и парового (ЭП) крекингов. На сегодняшний день в мировой нефтехимической практике обе фракции используются в качестве сырья для производства изопренового каучука, но в РФ данные технологии мало известны и не используются.

**Таблица 2.1** – Составы фракций C<sub>5</sub> установок каталитического и парового крекингов

Наименование компонента, % масс.	Установка парового крекинга			Установка каталитического крекинга	
	770 °С	810 °С	830 °С	525 °С	*
Выход C <sub>5</sub> от сырья	18,30	14,80	10,40	10,14	10,14
Насыщенные углеводороды	32,51	31,78	25,25	33,73	35,85
Изопентан	11,17	10,83	7,07	29,81	31,68
Пентан	19,31	18,64	15,56	3,92	4,17
Циклопентан	2,03	2,31	2,62	-	-
Олефиновые углеводороды	22,04	15,58	16,38	59,03	62,74
Пентен-1	3,54	2,76	2,83	6,28	6,67
Транс-пентен-2	3,48	2,03	1,60	21,18	22,51
Цис-пентен-2	1,87	1,42	1,44		
3-метилбутен-1	0,30	0,43	0,51	27,02	28,72
2-метилбутен-1	5,34	4,43	4,35		
2-метилбутен-2	4,76	1,89	2,51		
Циклопентен	2,75	2,62	3,14	4,55	4,84
Диеновые углеводороды	45,45	52,64	58,37	1,33	1,41
Изопрен	14,55	15,93	18,14	0,55	0,58
ЦПД+ДЦПД	21,57	25,82	25,58	0,78	0,83
Транс-пентадиен-1,3	5,02	5,94	7,73		
Цис-пентадиен-1,3	3,76	3,61	4,62		
Пентадиен-1,4	0,54	1,26	2,13	-	-
3-метилбутадиен-1,2	0,00	0,00	0,01	-	-
2-метилбутадиен-1-ин-3	0,01	0,08	0,14	-	-
Пентадиен-1,2	0,00	0,00	0,02	-	-
C <sub>4</sub> углеводороды	0,00	0,00	0,00	5,91	0,00
<b>ИТОГО</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

\* - приведено к 100 % без учёта C<sub>4</sub> углеводородов

Амиленовая фракция процесса парового крекинга до 2000 г. в России выделялась как товарный продукт и передавалась на НПЗ для смешения с другими компонентами автомобильных бензинов, но большое количество олефинов в этой фракции, а также её лёгкая окисляемость не позволили использовать её для смешения бензинов начиная с класса 3. Нефтехимики перестали выделять её как самостоятельный продукт и амиленовая фракция пиролиза в виде рецикла стала направляться обратно в печь. Исключением являлись установки пиролиза, на которых преду-

сма тривалось производство дициклопентадиена (ДЦПД). В связи с этим, на всех действующих установках ЭП в РФ выход амиленовой фракции снижают до минимальных показателей, но это не всегда удаётся, так как при работе на нефти и более тяжёлом сырье выход амиленовой фракции составляет не менее 10-12%.

В мировой практике на установках ЭП, связанных с экстракцией изопрена, выход амиленовой фракции, наоборот, максимально увеличивают, и в ряде случаев достигают 23% от количества подаваемого сырья.

Расчёт потенциала установок парового крекинга в отношении фракции  $C_5$  зависит от состава сырья для углеводородов  $C_2-C_4$ . С утяжелением сырья состав сырья уходит на второй план и выход фракции  $C_5$  в большей степени регулируется параметрами процесса пиролиза:

- этановая фракция: выход фракции  $C_5$  от сырья 0,5%;
- пропановая фракция: выход фракции  $C_5$  от сырья 1,0%;
- бутановая фракция: выход фракции  $C_5$  от сырья 1,5%;
- пентановая фракция: выход фракции  $C_5$  от сырья 6,5-8,5%;
- нефтя: выход фракции  $C_5$  от сырья 4,0-16,0%;
- дизельная фракция: выход фракции  $C_5$  от сырья 8,0-25,0%.

Выделение фракции  $C_5$  из бензина КК в РФ практикуется исключительно с целью производства ТАМЭ. Основные проекты, внедрение которых предполагалось не позднее 2015 г:

- ОАО «Газпромнефть-МНПЗ»: производство ТАМЭ 200 тыс. т/год;
- ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ»: производство ТАМЭ 400 тыс. т/год;
- ОАО «ТАИФ-НК»: производство ТАМЭ 150 тыс. т/год.

В мировой практике выделение из бензинов КК изоамиленов, а также изопентанов для производства изопрена не редкость, более того разработаны технологии по изомеризации н-пентенов в изопентены для увеличения потенциала изопрена.

Потенциал установок каталитического крекинга в отношении фракции  $C_5$  рассчитывается следующим образом:

- содержание фракции  $C_5$  в бензине каталитического крекинга 20-24%;
- выход бензина каталитического крекинга 46-52% от сырья каталитического крекинга.

### 3 ПРОЦЕСС ВЫДЕЛЕНИЯ ФРАКЦИИ C<sub>5</sub> ИЗ БЕНЗИНА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

Стабилизированный бензин каталитического крекинга (фр. 30-215°C) из колонны выделения бензина блока газоразделения подаётся на установку «MEROX» (UOP, США) для удаления сернистых соединений с помощью натриевой щёлочи. После очистки бензин направляется в резервуарный парк хранения.

Из резервуарного парка бензин отправляется на установку ТАМЭ только в том случае, если появляется потребность в его производстве, в ином случае бензин каталитического крекинга сразу же отправляется на станцию смешения бензинов.

Перед установкой ТАМЭ бензин проходит секцию разделения, которая расположена на площадке жидкого каталитического крекинга (FCC). Предварительно поток бензина нагревается тяжёлым бензином каталитического крекинга в теплообменнике T-S3 A,B.

На линию бензина, до предварительного нагревателя T-S3 A,B, предусмотрена система удаления механических примесей и следов воды с каустической соды с помощью двух фильтров:

- фильтр T-F1B – коалесцентный, предназначен для выделения воды из сырого бензина каталитического крекинга путём коагуляции (объединения мелких частиц дисперсных систем в более крупные под влиянием сил сцепления). Удаляемая вода дренируется в канализацию;

- фильтр T-F1A предназначен для удаления механических примесей в целях защиты фильтрующего элемента T-F1B.

Разделение бензина на фракцию C<sub>5</sub> и тяжёлый бензин производится в колонне T-C1. Бензин из резервуарного парка или непосредственно с установки каталитического крекинга предварительно нагревается в теплообменнике T-S3 A,B до температуры 125 °C путём теплообмена с тяжёлым бензином, который получается в кубовой части колонны разделения бензина.

С верха колонны выделяется фракция C<sub>5</sub> (лёгкая бензиновая фракция 30÷85 °C), которая может являться сырьём для процесса получения трет-амил-метилового эфира либо служить альтернативным сырьём для производства изопрена.

В кубовой части колонны остаётся тяжёлый бензин, который охлаждается и отправляется в резервуары хранения или на станцию смешения бензинов.

Колонна T-C1 имеет 40 тарелок:

- 19 тарелок диаметром 2200 мм, расположенных в верхней части колонны;
- 21 тарелка диаметром 3000 мм.

Температура верха колонны поддерживается на уровне 90 °С. Фракция C<sub>5</sub> конденсируется в воздушном холодильнике Т-А1. Далее конденсат охлаждается до 60 °С в водяном холодильнике Т-S2 и сливается самотёком в ёмкость рефлюкса Т-V1.

Газовая фаза из ёмкости рефлюкса Т-V1 стравливается на факел. Балансовые количества фракция C<sub>5</sub> отправляются либо на склад установки ТАМЭ, либо в процесс ТАМЭ, а часть продукта циркулирует в качестве флегмы.

Давление в кубовой части колонны Т-С1 не превышает 5,5 бар, температура поддерживается на уровне 170 °С. Подогрев кубовой части колонны обеспечивает кипятильник Т-S1 А,В обогреваемый паром с давлением 29 бар и температурой 233 °С.

Тяжёлый бензин, полученный в кубовой части колонны Т-С1, проходит через подогреватель сырья Т-S3 А,В и снижает свою температуру до 80 °С. Затем он направляется в резервуарный парк хранения или на станцию смешения бензинов через систему водяных холодильников, где происходит понижение его температуры до 40 °С.

Схема процесса выделения фракции C<sub>5</sub> из бензина каталитического крекинга представлена в **Приложении 1**.

#### 4 ПРОЦЕСС ИЗОМЕРИЗАЦИИ Н-ПЕНТЕНОВ ИЗ ФРАКЦИЙ C<sub>5</sub> ПАРОВОГО И КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГОВ В ИЗО-ПЕНТЕНЬ

В основе процесса по изомеризации н-пентенов из фракции C<sub>5</sub> каталитического крекинга в изоамилены заложены лицензионные технологии Lyondell Basell (Голландия), аналогичный процесс имеется у UOP (США). Изначально процесс был разработан для увеличения выхода ТАМЭ при этерификации фракции C<sub>5</sub> каталитического крекинга, но в последующем он распространился и на производство изоамиленов для дегидрирования в изопрен. Схема процесса изомеризации н-пентенов в изо-пентены представлена в Приложении 2.

Суть процесса заключается в следующем: н-пентены, которые не экстрагируются в процессе Sinclair Research Laboratories (США), после осушки направляются в реактор изомеризации R1, где предварительно подогреваются в рекуператоре S1 от обратного потока из реактора R1, и далее идут в печи подогрева сырья H1.

В процессе изомеризации используется неподвижный слой катализатора Z-870, работающего при низких температурах с высокой конверсией, близкой к стехиометрии реакции. Катализатор Z-870 обладает высокой селективностью и длительным межрегенерационным циклом. Процесс регенерации проводится воздухом с повышенной долей азота.

Реакционная смесь через рекуператор и систему водяных и воздушных холодильников поступает в ёмкость, давление в которой поддерживается подачей азота среднего давления и сбросами на факел. Последующее разделение на изо-пентены и побочные продукты в виде незначительных количеств углеводородов C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> проводится в обычной ректификационной колонне.

Расходы энергоресурсов по данному процессу составляют:

- мощность	3,2 кВт;
- топливный газ	0,44 ГДж;
- пар	0,002 ГДж;
- вода на охлаждение	0,051 ГДж;
- азот	1,6-7,1 м <sup>3</sup> .

Стоимость строительства данных установок составит:

Feed rate, Mbpd	ISBL cost, \$MM
10	8
15	11
30	20

Типичным представителем данного процесса является завод Sasol Synthetic Fuels plant in Secunda (Южная Африка), Iso-5 Axens.

## 5 НАЛИЧИЕ ЛИЦЕНЗИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ВЫДЕЛЕНИЮ ИЗОПРЕНА И ДЕГИДРИРОВАНИЮ АМИЛЕНОВ В ИЗОПРЕН

В основе процесса по выделению изопрена из амиленовой фракции парового крекинга заложены те же принципы, что и по выделению бутадиена из соответствующего сырья – экстрактивная перегонка с N-метилпирролидоном (BASF, Германия), диметилформамидом (Nippon Zeon Co., Япония) или ацетонитрилом (Shell, Goodrich-Arco, Нидерланды). Получаемые продукты: изопрен, циклопентен, пиперелены, смесь пентанов, пентенов, изоамиленов и изопентана. Схема экстракции изопрена N-метилпирролидоном из фракции C<sub>5</sub> парового крекинга (лицензия «BASF») представлена в Приложении 3.

В основе процесса по выделению изоамиленов из фракции C<sub>5</sub> каталитического крекинга заложен принцип экстракции изоамиленов и незначительно пентенов 65 %-ой серной кислотой – процесс Sinclair Research Laboratories (США), который широко используется Shell, ArcO и Exxon (США). Получаемый эфлюент после рекстракции серной кислоты содержит: изоамилены 96,3 % (из них 2-метилбутен-2 87-88%), пентенов до 1 %, и углеводородов C<sub>6</sub> до 2,5 % Расход реагентов: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 12,2 кг/т, гептан 65,3 кг/т сырых изоамиленов. Чистота получаемых изоамиленов 95-98% масс.

Схема экстракции изоамиленов из фракции C<sub>5</sub> каталитического крекинга или из рафината после экстракции изопрена из фракции C<sub>5</sub> парового крекинга представлена в Приложении 4.

Заводы, которые используют процесс Sinclair: Shell Nederland Chemie BV, Pernis Refinery, Rotterdam, The Netherlands, Shell Deer Park Manufacturing Site, Texas, USA.

В основе процесса по дегидрированию изоамиленов в изопрен положен тот же принцип, что и при дегидрировании бутенов. Схема процесса представлена в Приложении 5. Владельцами лицензий на данный процесс являются Shell и ExxonMobile. На заводах Shell Nederland Chemie BV, Pernis Refinery, Rotterdam, The Netherlands этот процесс является демонстрационным, заводы Baton Rouge site (Техас, США), ExxonMobile и Baytown site (Техас, США), ExxonMobile не афишируют наличие этого процесса как предмет лицензионных продаж.

Использование всех четырёх процессов в едином комплексе показано принципиально в **Приложении 5** и в виде PFD схемы с балансовыми количествами в **Приложении 6**.

## **6 ВОЗМОЖНОСТИ СИНЕРГИИ «ТАУ-НЕФТЕХИМ ЗАВОДА СИНТЕТИЧЕСКОГО КАУЧУКА» И ОАО «САЛАВАТНЕФТЕОРГСИНТЕЗ»**

Установка этилена и пропилена ЭП-//////// (////////) на ОАО «////////», по опубликованным данным, после наращивания мощности будет иметь следующий состав сырья:

- нефтя для пиролиза от НПЗ 670 000-713 000 т/год;
- ШФЛУ от НПЗ (C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> и очень незначительно C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub>) 198 000-230 000 т/год;
- этановая фракция 96 000 т/год.

Это соответствует выпуску, как минимум, 60-80 тыс. тонн в год амиленовой фракции парового крекинга (пиролиза).

Установка этилена и пропилена ЭП-//////// на ОАО «////////», по опубликованным данным, после окончания строительства будет иметь следующий состав сырья:

- нефтя для пиролиза от НПЗ 714 000 т/год
- ШФЛУ от НПЗ (C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, очень незначительно C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub>) 2 362 000 т/год.

Это соответствует выпуску, как минимум, 100-120 тыс. тонн в год амиленовой фракции парового крекинга (пиролиза).

В связи с тем, что с учётом строительства и пуска ЭП-////////распределение сырьевых поток между ЭП-//////// (0000) и ЭП-//////// меняются, возможно применение опубликованных общих балансов сырья на эти две установки:

- нефтя для пиролиза от НПЗ 1 026 000 т/год;
- ШФЛУ от НПЗ (C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, очень незначительно C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub>) 2 800 000 т/год.

Это соответствует выпуску, как минимум, 120-150 тыс. тонн в год амиленовой фракции парового крекинга (пиролиза).

Планируемая к строительству установка каталитического крекинга на ОАО «////////» мощностью 1-1,2 млн. тонн в год способна генерировать от 100 до 120 тыс. тонн в год фракции C<sub>5</sub>, что даёт следующие возможности:

- получать 47 тыс. т/год ТАМЭ, не используя изомеризацию пентенов;
- получать 150 тыс т/год ТАМЭ, используя изомеризацию пентенов.

Но учитывая, что в предполагаемой новой конфигурации НПЗ бензин класса 5 может быть получен и без использования ТАМЭ, логичнее воспользоваться сырьевой альтернативой и получить доступ к химии изопреновых каучуков через фракцию C<sub>5</sub> каталитического крекинга, а в дальнейшем - и фракцию C<sub>5</sub> парового крекинга.

## 7 БАЛАНСОВЫЕ КОЛИЧЕСТВА ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ

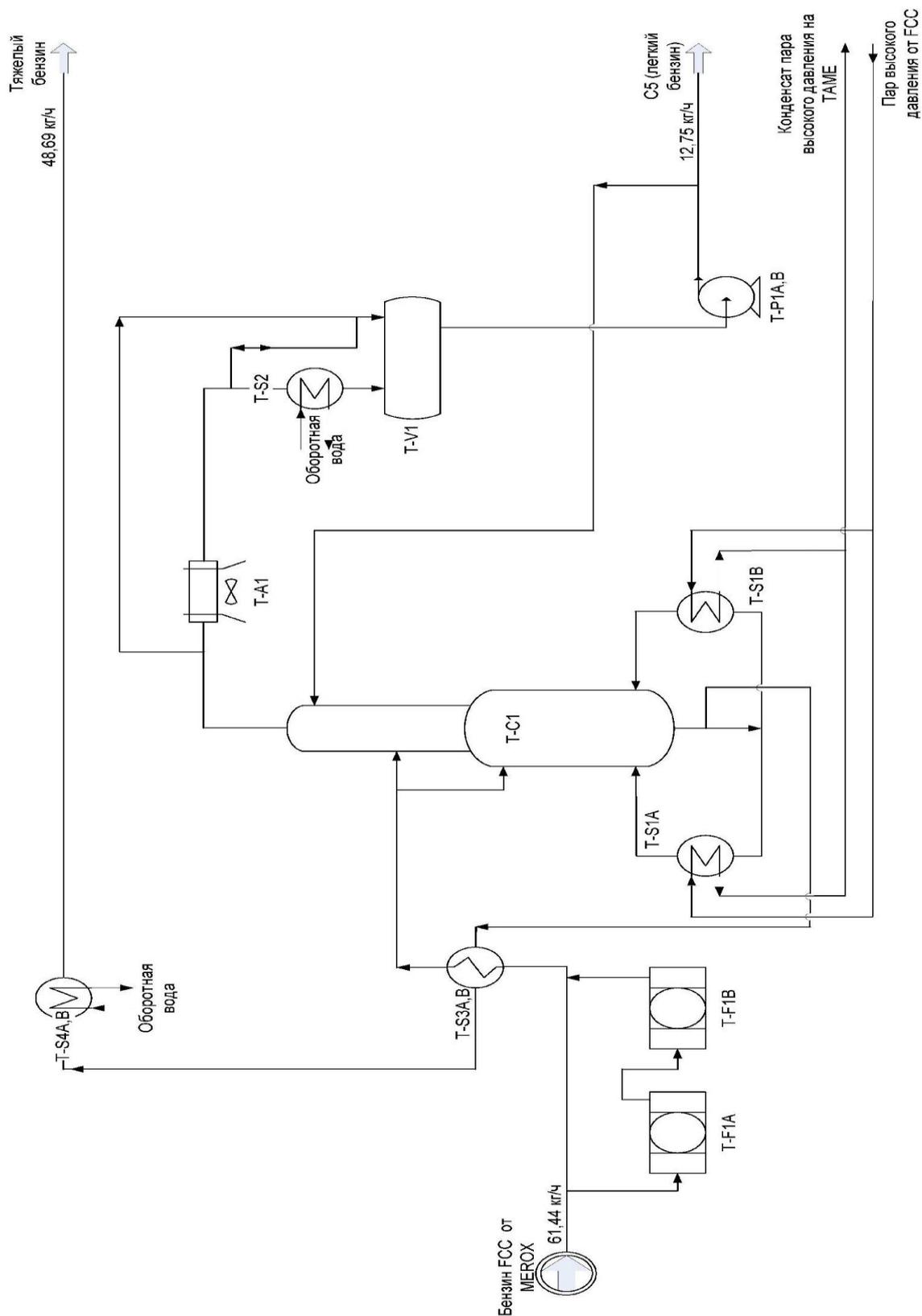
Схема (PFD) работы комплекса по производству изопрена на основе фракций C<sub>5</sub> от установок парового и каталитического крекинга приведена в Приложении 4. Расходные показатели процессов взяты на базе действующих аналогов, так же как и состав исходного сырья.

Сокращённый материальный баланс, составленный на основании прилагаемой блок-схемы (PFD), представлен в **Таблице 7.1**.

**Таблица 7.1** – Материальный баланс комплекса по производству изопрена на основе фракций C<sub>5</sub> от установок парового и каталитического крекинга

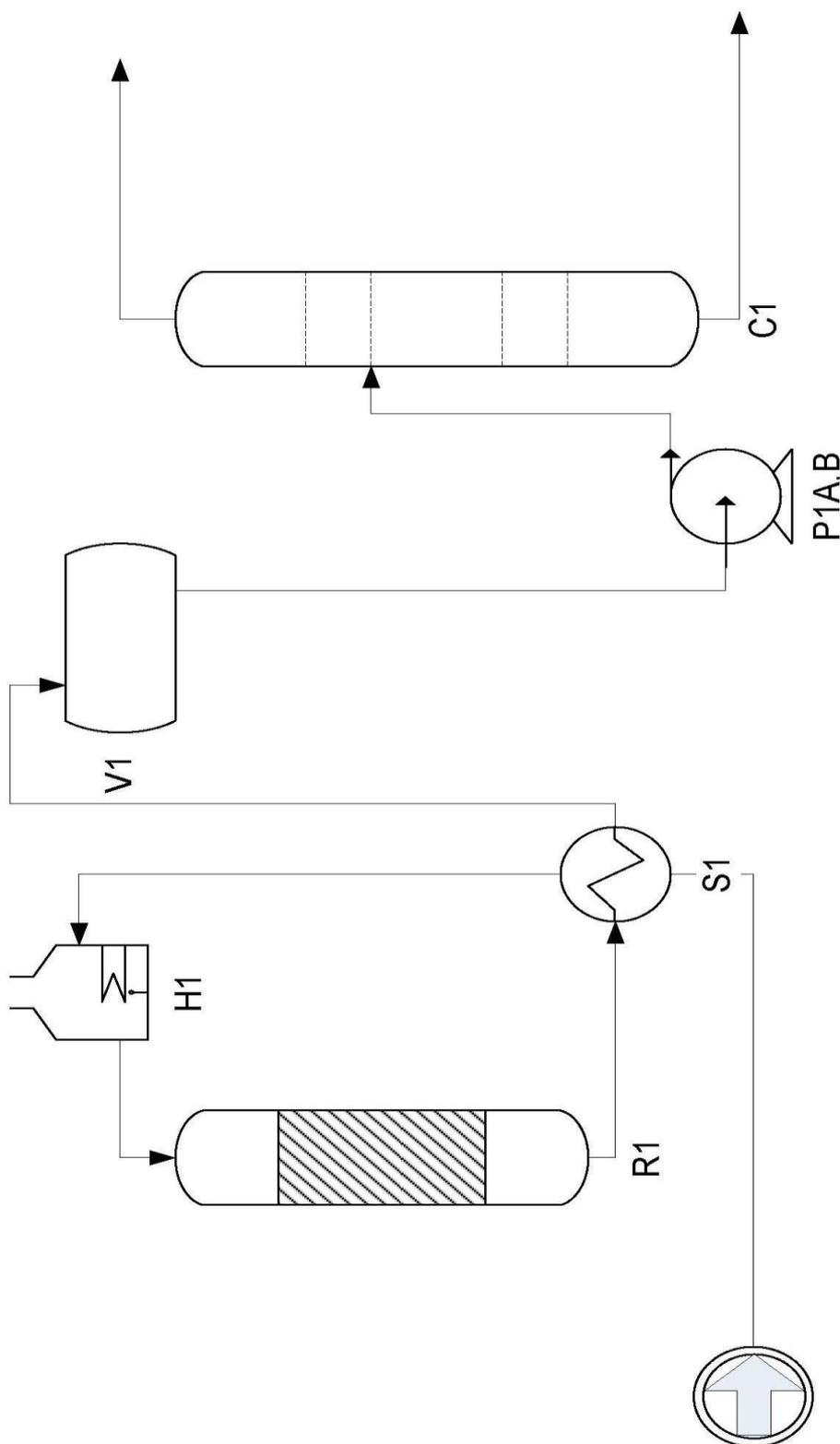
Сырьё	Выход, % масс	Выход, тыс. тонн/ год
Фракция C <sub>5</sub> установки каталитического крекинга	58,10	124,80
Фракция C <sub>5</sub> установки парового крекинга	41,90	90,00
ИТОГО	100,00	214,80
Продукция	Выход, % масс	Выход, тыс. тонн в год
Изопрен 99,5 %	57,07	122,59
Пиперелен	7,49	16,09
Пентан	11,36	24,41
Дициклопентадиен неочищенный	9,04	19,41
Пропан-бутановая фр. (25:75)	10,91	23,43
ИТОГО	95,87	205,92
Газы в топливную сеть	2,87	6,15
Потери	1,27	2,72
ВСЕГО	100,00	214,80

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 - СХЕМА ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ ФРАКЦИИ C<sub>5</sub> ИЗ БЕНЗИНА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА.

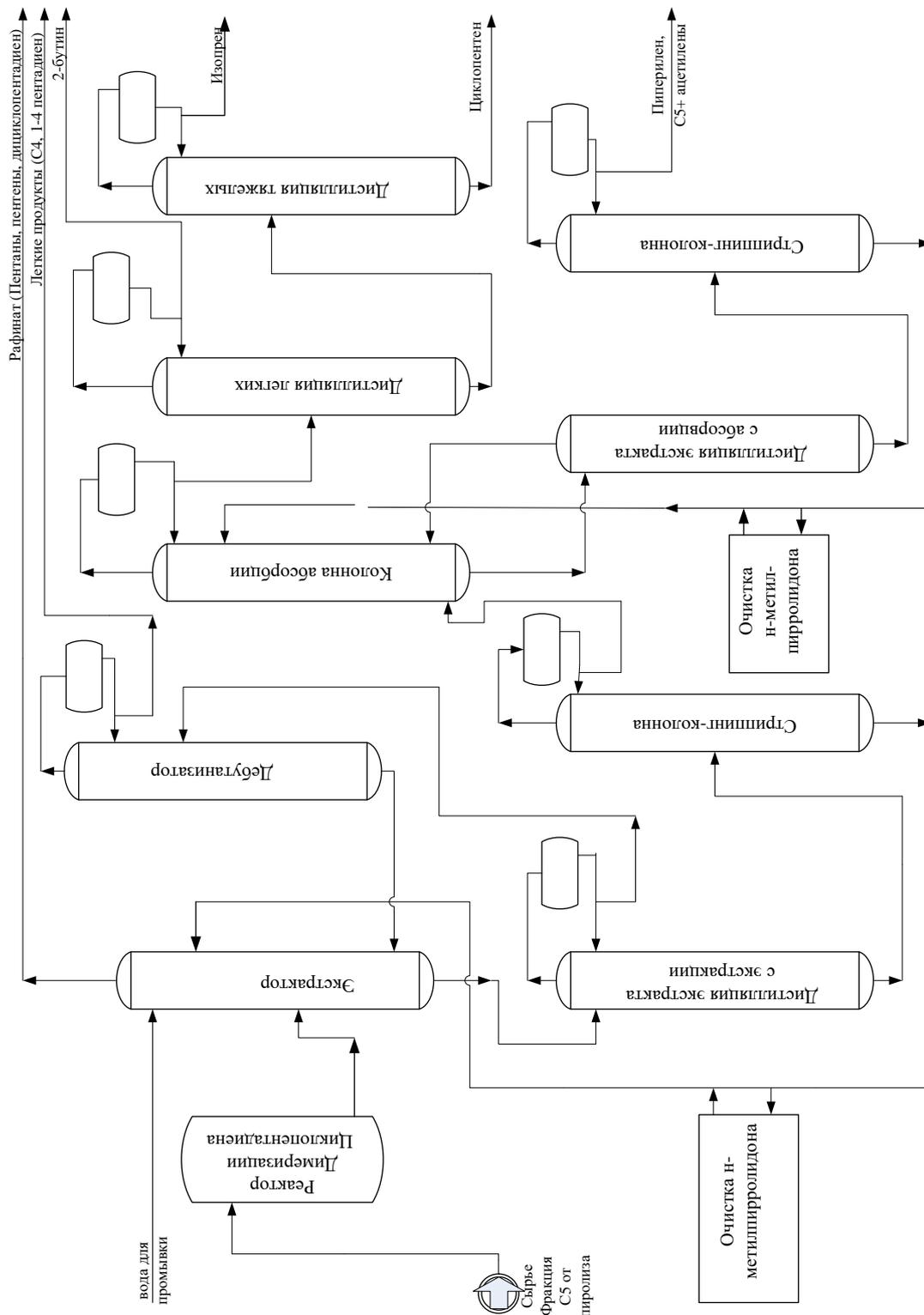


ПРИЛОЖЕНИЕ 2 - СХЕМА ПРОЦЕССА ИЗОМЕРИЗАЦИИ Н-ПЕНТЕНОВ В ИЗО-  
ПЕНТЕНА

Lyondell Basell Trans4m Plant, Channelview (Texas, USA)

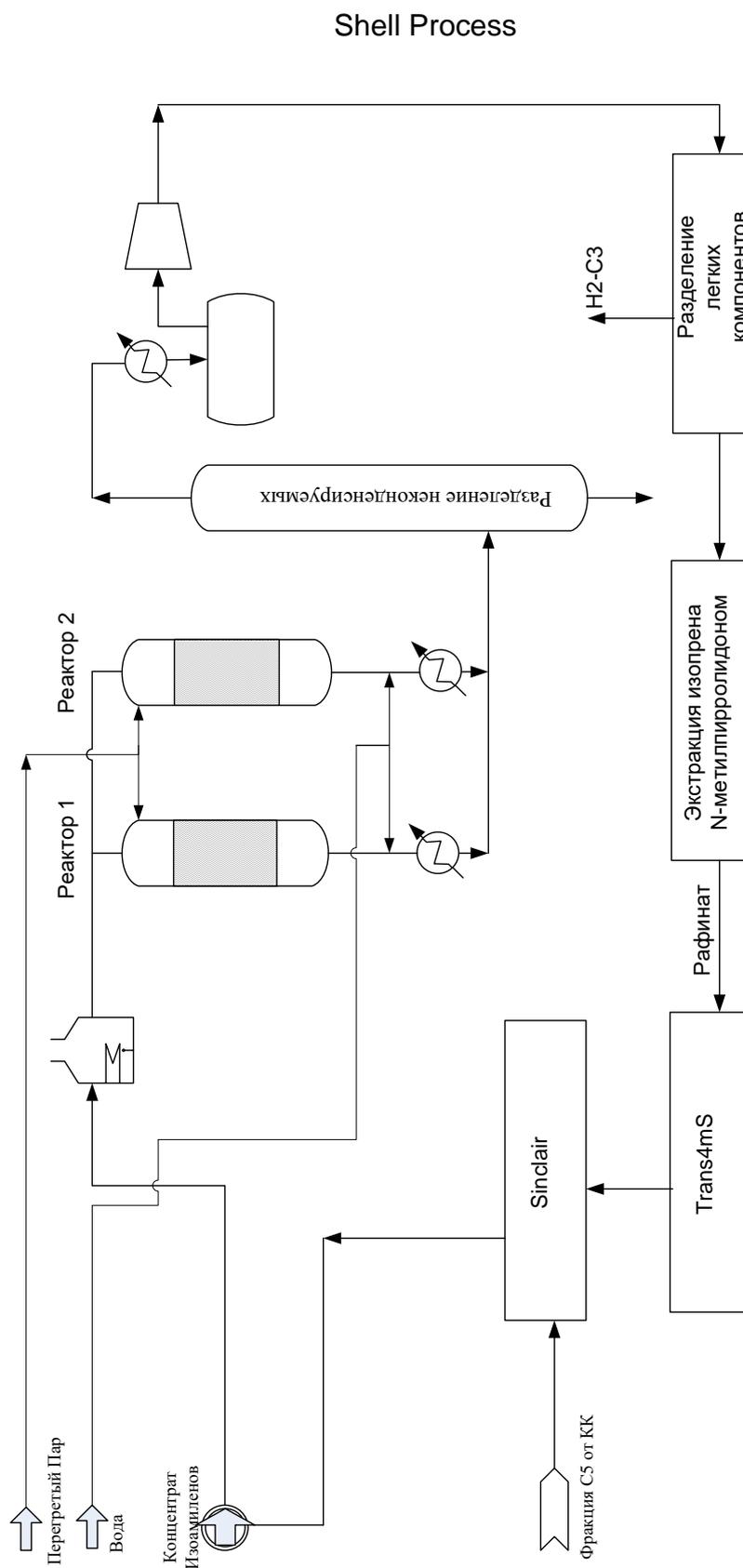


**ПРИЛОЖЕНИЕ 3 - СХЕМА ЭКСТРАКЦИИ ИЗОПРЕНА N-МЕТИЛПИРРОЛИДОМ ИЗ ФРАКЦИИ C<sub>5</sub> ПАРОВОГО КРЕКИНГА. ЛИЦЕНЗИЯ «BASF»**





ПРИЛОЖЕНИЕ 5 - СХЕМА ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОПРЕНА ДЕГИДРИРОВАНИЕМ  
ИЗОАМИЛЕНОВ



**ПРИЛОЖЕНИЕ 6 - СХЕМА РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВА ИЗОПРЕНА «ТАУ-НЕФТЕХИМ ЗАВОДА СК» НА ОСНОВЕ СЫРЬЯ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА И ПАРОВОГО ПИРОЛИЗА ОАО «САЛАВАТНЕФТЕОРГСИНТЕЗ»**

////////////////////////////////////