

«Engineering and Consulting PFA Alexander Gadetskiy»

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

MASTER

Discipline: Deep processing of fuel oil, refineries without atmospheric and vacuum distillation, catalytic cracking, delayed coking

Name: alexander.gadetskiy@inbox.lv Sign.

Date: 15.09.2014

Обновлено 16.04.2022. Обновлено 16.02.2024



НПЗ без нефти. Переработка прямогонных мазутов на установках каталитического крекинга и (или) замедленного коксования с выпуском моторных топлив Евро 5.



Dipl. engineer Alexander Gadetskiy, phone: +40 (748) 148 257; e-mail: 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. Введение.
2. Принципиальная технологическая схема и материальные балансы переработки мазута по каждой установке завода.
3. Качество сырья и товарной продукции.
4. Расходы энергоресурсов базовые данные для расчета процессинга.
5. Капитальные затраты по модернизации установок.

Приложения:

- Приложение 1. Показатели качества прямогонного мазута ////////////// НПЗ (Россия).
- Приложение 2. Показатели качества дизельной фракции не гидроочищенной.
- Приложение 3. VFD схема переработки мазута.
- Приложение 4. Блендинг бензинов при переработке мазута без нефти.
- Приложение 5. Блендинг дизеля при переработке мазута без нефти.
- Приложение 6. Основные проектные решения.

Сокращения:

- КК – каталитический крекинг (FCC)
- УЗК – установка замедленного коксования
- ГО – гидроочистка
- ВГО – вакуумный газойль
- НТМ – котельная высокотемпературного теплоносителя

1. Введение.

Переизбыток бензина в ЕС, «каждый четвертый баррель бензина – лишний» и дорогая нефть, **послужили поводом для расчетов по исключению нефти в переработке одного из балканских НПЗ** и перевод на привозной мазут из России.

Завод располагал комплексом ароматики, который находился в консервации, действующими установками каталитического крекинга (КК) и замедленного коксования (УЗК).

Вариант с включением в работу комплекса ароматики позволял сохранить работу на нефти. Бензиновая составляющая переводилась в ароматическую, конфигурация завода из топливной превращалась в топливно-нефтехимическую с выпуском: ароматических углеводородов C₆-C₈ дизеля и пропилена. Большие затраты на расконсервацию комплекса ароматики, не позволили остановиться на этой схеме.

Вторым вариантом являлась вакуумная разгонка мазутов с последующей переработкой вакуумного газойля (ВГО) на установку КК, а вакуумного остатка на УЗК.

2. Принципиальная технологическая схема и материальные балансы переработки мазута по каждой установке завода.

Слив и хранение сырья. Мазут с параметрами качества отмеченными в **Приложении 1** поставляется на завод в не обогреваемых ж/д цистернах с морского или речного терминалов. Основным параметром, определяющим слив мазута, является точка застывания, которая не должна быть выше +27°C. Слив может производиться с двух ж/д путей с центральным коллектором между ними, который имеет 90 сливных устройств, т.е. по 45 вагон-цистерн с каждой стороны тли с ж/д линии, которая имеет 30 сливных устройств, но ее производительность может быть увеличена до 50 стояков, т.е. 50 вагон-цистерн с одной стороны, что и позволяют принимать до 1,2 млн. тонн мазута в год. Разогрев мазута в цистернах производится циркуляцией горячего мазута, который подогревается в теплообменниках. Горячим потоком для разогрева мазута являются высокотемпературные теплоносители Mobilterm, Terminol и т.д., которые циркулируют и разогреваются в котельной НТМ.

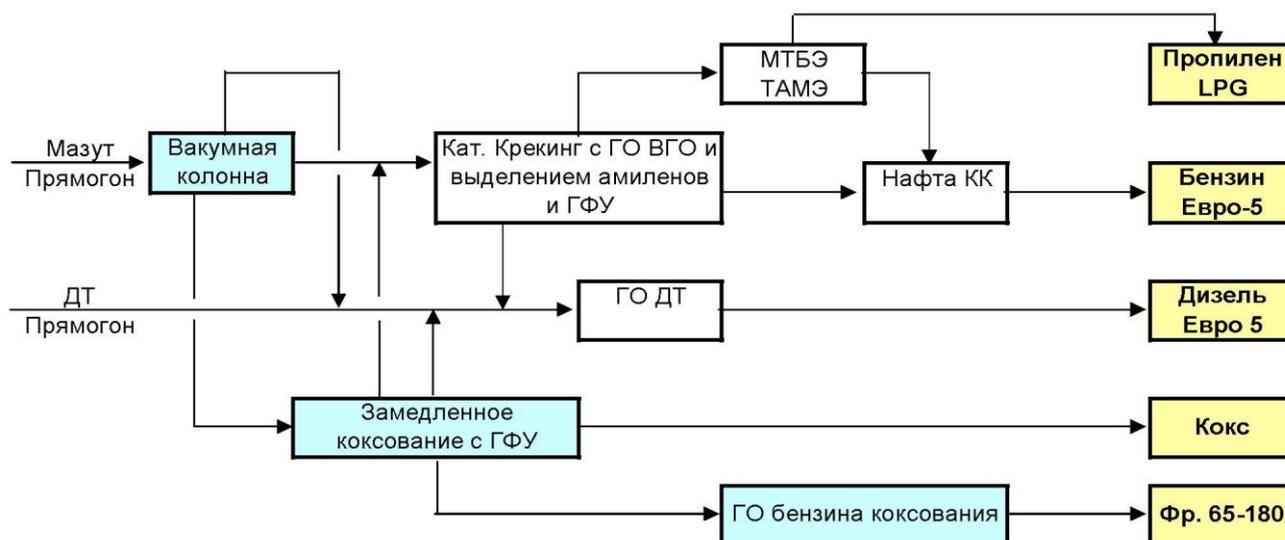
Сливаемый мазут подается насосом по обогреваемому трубопроводу в три обогреваемых резервуара 20.000 м³ каждый.

Прямогонный дизель, с параметрами качества отмеченными в **Приложении 2** поставляется на завод в не обогреваемых ж/д цистернах с морского или речного терминалов. Слив прямогонного дизеля производится на вновь построенной эстакаде с 12 стояками слива, которая позволяет принимать до 500 тыс. тонн дизеля в год. Сливаемый

дизель непосредственно из коллектора слива подается в четыре не обогреваемых резервуара 3.150 м³ каждый.

Переработка мазута на заводе показана на BFD **Схеме 1**. Схема с материальными потоками приведена в **Приложении 3**.

Схема 1.



Вакуумная колонна. Мазут из резервуаров хранения подается в теплообменники-рекуператоры, обогреваемые теплом дистиллятов вакуумной колонны и далее на печи. Температура куба вакуумной колонны 370°C, верха 90°C, давление верха 64 mm Hg, что позволяет производить разгонку мазута до фракции 530-560+°C. Лимитирующим фактором, по началу кипения вакуумного остатка является вязкость продукта, которая ограничивает возможности его перекачки и содержание асфальтенов в ВГО, что отрицательно влияет на срок службы катализатора ГО ВГО.

Дизельная фракция, содержание которой в мазуте варьирует от 5,5 до 13% масс, практически полностью отгоняется совместно с водяными паром, который подается на паровой эжектор для создания вакуума.

В **Таблице 1** материальный баланс работы вакуумной колонны, на основе прямогонного мазута **Приложение 1**.

Таблица 1.

Сырьё		Тыс.т/год	
1.Мазут прямогонный Плотность 0.9392, Сера 1.02% масс, Коксуемость 5.26% масс, Асфальтены 2.0% масс	100.00%	1,170.00	НК14-04117.001_24115 15/08/2014 Дополнительный НК14-04576.001_24115 09/09/2014
Итого	100.00%	1,170.00	
Продукты переработки	% масс	Тыс.т/год	

Фракция дизеля I (266-360°C)	6.30%	73.71	ГО ДТ
Фракция дизеля II (360-385°C)	8.50%	95.71	ГО ВГО
Фракция вакуумная I (385-425°C)	9.70%	113.49	ГО ВГО
Фракция вакуумная II (425-560°C)	33.80%	399.20	ГО ВГО
Фракция более 560+ град	41.70%	487.89	На коксование
Итого	100.00%	1,170.00	

Основные проектные решения, которые необходимо выполнить по блоку вакуумной колонны, указаны в **Приложении 6**.

Гидроочистка вакуумного газойля. Завод имеет классическую ГО ВГО от UOP, производительностью 1.2 млн. т/год по сырью. Сырье является ВГО и тяжелый дизель коксования, которые через теплообменники-рекуператоры поступают на печь и далее в реактор гидроочистки. Поставка катализатора от компании Axens. Температура реакции 382-410°C давление 50-55 бар. Очистка ВГО производится до содержания серы не более 200 ppm. Для обеспечения данного показателя объем реактора увеличен в 2,6 раза относительно реактора, который использовался при работе по стандарту Евро3,4. Тяжелый дизель коксования имеет жесткие требования на фильтрацию от коксовой пыли, для исключения снижения активности катализатора.

В **Таблице 2** материальный баланс работы установки гидроочистки вакуумного газойля и тяжелого дизеля коксования.

Таблица 2.

Сырьё		Тыс. т/год	
1.Вакуумный газойль (350-560), в том числе		608.4	
1.1 Фракция 360- 385°C	13.02%	99.45	
1.2. Фракция 385-425°C	14.86%	113.49	
1.3. Фракция 425-560°C	51.79%	395.46	
2. Тяжелый дизель коксования	19.33%	147.60	147.58
3. Водородосодержащий газ	0.99%	7.56	
Итого	100.00%	763.56	
Продукты переработки	%, масс	Тыс. т/год	
Сырье каткрекинга гидроочищенное	95.93%	732.48	На каталитический крекинг
Бензиновые фракции	0.34%	2.60	На ГО бензина коксования
Легкая фракция	0.34%	2.60	Безвозвратные потери
Газ на сероочистку	2.05%	15.65	Выделение серы
Сероводород после очистки MEA	1.34%	10.23	Выделение серы
Итого	100.00%	763.56	

Основные проектные решения, которые необходимо выполнить по данному блоку, указаны в **Приложении 6**.

Каталитический крекинг. Завод имеет классический блок КК и газоразделения от UOP, производительностью 1.2 млн. т/год по сырью. Температура в реакторе 520-525°C давление 1,2-1,5 бар, в регенераторе 660-700°C и давление 1,4-1,65 бар. Газы регенера-

ции, которые содержат значительные количества окиси углерода дожигаются в СО-бойлере с выработкой пара 35 бар. Принципиальным отличием каталитического крекинга завода от стандартных установок является блок выделения фракции C₅-C₅" из нефти каталитического крекинга.

Бензин с каталитического крекинга разделяется на две фракции:

- фракция 30-85 °С (фракция C₅+C₅"") для производства ТАМЭ
- фракция 85-180 °С компонент для автобензина.

Сырьем установки каталитического крекинга является гидроочищенный ВГО, а также на блок газоразделения поступают газы от УЗК и ГО бензина коксования.

В **Таблице 3** материальные балансы работы каталитического крекинга с использованием в качестве сырья гидроочищенного ВГО и тяжелого дизеля коксования. На блок газоразделения совместно с газами КК подаются газы от УЗК.

Таблица 3.

Сырьё		Тыс. т/год	
1. ВГО и тяжелый дизель коксования гидроочищенный	100.00%	732.48	
Итого	100.00%	732.48	
Продукты переработки		Тыс. т/год	
Фракция C2", C3", C4"+C2, C3, C4	18.50%	135.51	На газоразделение
Фракция бензина не стабильная	48.50%	355.25	На газоразделение
Фракция бензина не стабильная тяжелая	2.73%	20.00	На газоразделение
Фракция дизельная	14.70%	107.68	Гидроочистка дизеля
Фракция дизельная тяжелая	3.68%	26.96	Гидроочистка дизеля
Фракция дизельная остаточная	6.89%	50.47	На коксование
Кокс и потери	5.00%	36.62	
Итого	100.00%	732.48	
Газофракционирование каталитического крекинга			
Сырьё		Тыс. т/год	
1. Фракция бензина	69.20%	375.25	
2. Фракция C2", C3", C4", C5"+C2, C3, C4, C5, C6	24.99%	135.51	
3. Фракция C3-C4-C5 коксования	4.32%	23.40	23.37
4. Фракция C2-C5 ГО бензина коксования	1.49%	8.10	8.13
Итого	100.00%	542.26	
Продукты переработки		Тыс. т/год	
Газ на сероочистку	6.75%	36.62	Выделение серы
Фракция пропилена	5.36%	29.04	Склад пропилена
Фракция пропана	3.99%	21.61	Склад LPG
Фракция н-бутан - н-бутеновая	9.00%	48.78	Склад LPG
Фракция изобутан-изобутиленовая	8.21%	44.50	На МТБЭ
Фракция бензина стабильная	66.74%	361.92	На блендинг бензина
Итого	100.04%	542.48	

Основные проектные решения, которые необходимо выполнить по данному блоку, указаны в **Приложении 6**.

Замедленное коксование. Установка была спроектирована на мощность 600 тыс. т/год по сырью совместно с блоком газоразделения газов коксования и предназначалась для выпуска электродных коксов. Сырьем замедленного коксования являлись вакуумный остаток и тяжелый дизель КК. Температура процесса коксования для конкретного сырья составляет 450-500°C давление 3.5-5 бар.

В **Таблице 4** материальный баланс УЗК ориентированный на минимальный выход кокса при максимальном рецикле тяжелого дизеля коксования.

Таблица 4.

Сырьё		Тыс. т/год	
1. Фракция 560+	90.62%	487.89	
2. Фракция тяжелого дизеля каткрекинга	9.38%	50.50	50.47
Итого	100.00%	538.39	
Продукты переработки		Тыс. т/год	
Газ на сероочистку	4.38%	23.58	Выделение серы
Фракция С3-С4	4.34%	23.37	ГФУ каталитического крекинга
Фракция бензина до 205°C	16.77%	90.29	На ГО бензина коксования
Фракция дизеля 205-325°C	24.97%	134.43	На ГО дизеля
Фракция дизеля 325-350°C		0.00	
Фракция тяжелого дизеля 350-500°C	27.41%	147.58	На ГО ВГО
Кокс	22.13%	119.15	Склад кокса
Итого	100.00%	538.39	

Основные проектные решения, которые необходимо выполнить по данному блоку, указаны в **Приложении 6**.

Гидроочистка дизельного топлива. Завод имеет три классических блока ГО, производительностью 300, 350 и 750 тыс. т/год по сырью. Дизельные фракции с процессов КК, УЗК, а также привозной не гидроочищенный прямогонный дизель и дизельная фракция, как отгон с вакуумной колонны через теплообменники-рекуператоры поступают на печь и далее в реактор гидроочистки. Поставка катализатора от компании Axens. Температура реакции 360-370°C давление 42-47 бар. Очистка дизельных фракций производится до содержания серы не более 10 ppm, для обеспечения данного показателя объем реактора увеличен в 1.64 раза относительно реактора, который использовался при работе по стандарту Евро3,4. Блендинг дизеля после ГО показан в **Приложении 5**.

В **Таблице 5** материальный баланс ГО ДТ с выпуском дизельного топлива с содержанием серы не более 10 ppm, цетановым числом не менее 46.5 и плотностью не более 845 кг/м³.

Таблица 5.

Сырьё		Тыс. т/год	
1. Фракция дизеля, отгон с верха ВТ	12.36%	73.71	
2. Легкий дизель каталитического крекинга	22.58%	134.63	

3. Легкий дизель коксования	22.55%	134.43	
3А. Прямогонный дизель (привозной)	41.93%	250.00	250.00
4. Водородосодержащий газ	0.57%	3.43	
Итого	100.00%	596.20	
Продукты переработки		Тыс. т/год	
Очищенное дизельное топливо	96.35%	574.44	Склад дизеля
Бензиновые фракции с гидроочистки дизеля	1.31%	7.81	На ГО бензина
Газ на сероочистку	1.56%	9.30	Выделение серы
Сероводород после очистки МЕА	0.78%	4.65	Выделение серы
Итого	100.00%	596.20	

Основные проектные решения, которые необходимо выполнить по данному блоку, указаны в **Приложении 6**.

Гидроочистка бензина коксования. Степень очистки определяется, исключительно дальнейшим использованием этого продукта, если реализация предполагается, как сырье для пиролиза, то в этом случае достаточно полного гидрирования диеновых углеводородов и некоторой части олефинов, содержание серы в этом случае не критично, так как укладывается в нормы сырья – нефтя для пиролиза. В случае, если предполагается использование бензина коксования как компонента риформинга (бензинового или ароматического) требуется более сложная двухступенчатая гидроочистка. Первый этап процесса – это селективное гидрирование диенов и стиrolа при температуре, около 100°C и давлении 27,5 бар. Второй этап это гидродесульфуризация при температуре около 300°C и давлении 25 бар, процесс ведется в газовой фазе, что облегчает переход серы в сероводород и гидрирование олефинов, которые более устойчивы к гидрированию чем диены.

В **Таблице 6** материальный баланс ГО бензина коксования.

Таблица 6.

Сырьё		Тыс. т/год	
1. Бензин коксования	88.78%	90.30	90.29
2. Бензиновые фракции от ГО ДТ	7.67%	7.80	7.81
3. Бензиновая фракция от ГО ВГО	2.56%	2.60	2.60
4. Водородосодержащий газ	0.99%	1.01	
Итого	100.00%	101.71	
Продукты переработки		Тыс. т/год	
Бензин гидроочищенный С6 - 156	73.94%	75.20	На риформинг
Бензин гидроочищенный 156 - 180	15.93%	16.20	На риформинг
Газ на сероочистку	2.13%	2.17	Выделение серы
Фракция С3-С5	7.99%	8.13	ГФУ
Итого	99.99%	101.70	

Основные проектные решения, которые необходимо выполнить по данному блоку, указаны в **Приложении 6**.

Установка МТБЭ, ТАМЭ. Завод имеет комбинированную установку для получения или МТБЭ или ТАМЭ.

Фракция C₄ содержащая 26-30% масс. изобутилена или фракция C₅ содержащая до 27 % масс. изоамиленов смешиваются, промывается деминерализованной водой и после смешения с метанолом подаются в реактор с ионообменной смолой пропитанной солями палладия для гидрирования диенов при температуре 90-95°C и давлении 11 бар. Далее реакционная смесь поступает на первую ступень реакции этерификации в реакторе при температуре 50°C и давлении 7 бар, катализатором являются ионообменные смолы, например, Levatit.

Вторая ступень этерификации при температуре 60-80°C и давлении 7.2 бар проводится на катализаторе с более сильными кислотными функциями.

Конверсия изобутилена на установке достигает 92-93%, а изоамиленов 65 – 67%, чистота продуктов достигает 99% масс.

В **Таблице 7** материальный баланс выделения C₅-C₅" из бензина каталитического крекинга, а также балансы получения МТБЭ и ТАМЭ.

Таблица 7.

МТБЭ			i-C₄"=30%
Сырьё		Тыс. т/год	
1. Изобутан-изобутиленовая фракция КК	85.40%	44.50	
2. Метанол	14.60%	7.61	
Итого	100.00%	52.11	
Продукты переработки		Тыс. т/год	
МТБЭ	40.22%	20.96	На блендинг Бензина
Фракция C ₄	59.26%	30.88	Склад LPG
Олигомеры изобутилена	0.51%	0.27	
Итого	100.00%	52.11	

УДАЛЕНИЕ C₅-C₅" из Нафты каталитического крекинга			
Сырьё		Тыс. т/год	
Нафта каталитического крекинга, C ₅ -205°C	100.00%	361.92	
Итого	100.00%	361.92	
Продукты переработки		Тыс. т/год	
Фракция C ₅ -C ₅ " + 5,5% C ₄	20.00%	72.38	На ТАМЭ
Нафта каталитического крекинга н.к-205°C	80.00%	289.54	На блендинг Бензина
Итого	100.00%	361.92	

ТАМЭ			
Сырьё		Тыс. т/год	
Фракция C ₅ +5,5% C ₄	64.98%	52.84	
Амиленовая фракция	24.03%	19.54	
Метанол	10.98%	8.93	
Итого	100.00%	81.32	
Продукты переработки		Тыс. т/год	
ТАМЭ	35.04%	28.49	На блендинг Бензина
Фракция C ₄	3.25%	2.64	Склад LPG

Изопентан-пентеновая фракция (2-пентен)	60.84%	49.47	На реализацию
Олигомеры амиленов	0.89%	0.72	На реализацию
Итого	100.02%	81.33	

Блендинг бензина каталитического крекинга и этерификатов показан в **Приложении 4**. В **Главе 6** будет представлен подробный комментарий, что при изменении параметров конечного продукта блендинга количество бензина может быть увеличено.

Основные проектные решения, которые необходимо выполнить по данному блоку, указаны в **Приложении 6**.

Приведенные материальные балансы полностью соответствуют поточной схеме, **Приложение 3**. Материальные балансы вспомогательных производств: сероочистка газов, производство водорода, Мегох не приводятся, так как в количественном соотношении определяются основными балансами.

Материальные балансы составлены с использованием:

- процессов работы завода на близких составах сырья и полуфабрикатов
- **базового архива процессов** на различном сырье и полуфабрикатах для конкретных заводов и установок: ЕС, стран Востока, а также США и Канады.

1. Качество сырья и товарной продукции.

Таблица 8.

Мазут прямогонный.		
Плотность при 15°C	кг/м ³	939.2
Содержание серы	% масс	1.03
Температура застывания	°C	27
Коэффициент коксуюмости (Конрадсона)	% (масс/масс)	5.26
Содержание асфальтенов	% (масс/масс)	2
Кинематическая вязкость при 100°C	мм ² /с	21.71
Дополнительные показатели качества в Приложении 1.		
Дизельная фракция прямогонная не гидроочищенная.		
Плотность при 15°C	кг/м ³	830-840
Содержание серы	% масс	н/б 0.5
Цетановое число	°C	н/м 50
Дополнительные показатели качества в Приложении 2.		
Метанол		
Содержание основного в-ва	% масс.	н/м 99.0
Плотность, 20°C	кг/м ³	791 – 793
Давление паров	кПа	300
Содержание воды	% масс.	н/б 0.5
Содержание альдегидов, спиртов	% масс.	н/б 0.5
Водород на процессы гидроочистки		
Содержание основного в-ва	% об	н/м 99.5
Содержание углеводородов	% об	н/б 0.5

Содержание окиси углерода	ppm	н/б 1
Содержание CO+CO ₂	ppm	н/б 3
Содержание азота	% об	н/б 0.5
Содержание кислорода	ppm	н/б 10
Содержание серы	ppm	н/б 1
Автомобильный бензин, ЕВРО 5 (ЕН 228:2008)		
Дизельное топливо, ЕВРО 5 (ЕН 590:2004).		
Кокс электродный по спецификации "зеленого" кокса компании ALCOA		
Влажность	% масс	н/б 10
Зольность	% масс	н/б 0.5
Содержание серы	% масс	н/б 2.5
Содержание летучих	% масс	н/б 12
Содержание ванадия	ppm	н/м 8200
Содержание никеля	ppm	н/б 100
Содержание кремния	ppm	н/б 150
Содержание кальция	ppm	н/б 150
Содержание натрия	ppm	н/б 150
Содержание железа	ppm	н/б 250
Размеры частиц кокса до 5 мм	%	0.00
Сера		
Содержание основного в-ва	% масс	н/м 99.0
Влажность	% масс	н/б 1.00
Зольность	% масс	н/б 0.09
Органические вещества	% масс	н/б 0.085
Фракция пропиленовая		
Содержание основного в-ва	% масс.	н/м 96.0
Содержание C ₁ +C ₂ +C ₂ "	% масс.	н/б 1.0
Содержание C ₃ +C ₄	% масс.	н/б 3.0
Содержание бутиленов	% масс.	н/б 0.2
Давление паров, при 20 °С	кПа	1380
Содержание серы	ppm	н/б 5
Фракция пропановая		
Содержание основного в-ва	% масс.	н/м 92.0
Содержание C ₂	% масс.	н/б 2.0
Содержание C ₄	% масс.	н/б 3.0
Содержание пропилена	% масс.	н/б 3.0
Давление паров, при 20 °С	кПа	1560
Содержание серы	ppm	н/б 100
Фракция бутановая (бутан-изобутан-бутеновая)		
Содержание основного в-ва (бутана)	% масс.	н/м 55
Содержание C ₃	% масс.	н/б 1.0
Содержание C ₅	% масс.	н/б 1.0
Содержание изобутена	% масс.	н/б 19.0
Содержание изобутана	% масс.	н/м 25
Давление паров, при 20 °С	кПа	н/м 400
Содержание серы	ppm	100
Бензин коксования гидроочищенный		
Плотность при 15 °С	кг/м ³	720 - 740
Содержание олефинов	% масс.	н/б 3.0
Октановое число (моторное)		н/м 48
Октановое число (исследовательское)		н/м 52
Давление паров, при 20 °С	кПа	50 – 55
Содержание бензола (по требованию покупателя)	% об.	2 - 500

Содержание ароматики (по требованию покупателя)	% об.	20 - 1000
Изопентан - пентеновая фракция (2-пентен)		
Плотность при 15°C	кг/м ³	720 - 750
Содержание серы	ppm	н/б 50
Содержание изопентана	% масс.	н/м 60
Содержание олефинов C ₅	% масс.	н/б 50
Октановое число (моторное)		н/м 82
Октановое число (исследовательское)		н/м 92
Давление паров, при 20 °С	кПа	60-70
Олигомеры изобутилена и амиленов		
Определяются по требованиям покупателя		

4. Расходы энергоресурсов базовые данные для расчета процессинга.

Таблица 9.

Наименование	Единицы измерения	Удельный расход на 1 тонну сырья
АВТ		
Электроэнергия	кВтч/т	//
Оборотная вода	м ³ /т	//
Природный газ	Нм ³ /т	//
Пар, потребление 14 бар	т/т	//
Пар, потребление 4 бар	т/т	//
Воздух КИП	м ³ /т	//
Деминерализованная вода	м ³ /т	//
Пар, производство 4 бар	т/т	//
Количество сточных вод	м ³ /т	//
ГО ДТ		
Электроэнергия	кВтч/т	//
Оборотная вода	м ³ /т	//
Природный газ	Нм ³ /т	//
Пар, потребление 14 бар	т/т	//
Пар, производство 14 бар	т/т	//
Конденсат водяного пара	м ³ /т	//
Деминерализованная вода	м ³ /т	//
Воздух КИП	м ³ /т	//
Количество сточных вод	м ³ /т	//
ГО ВГО		
Электроэнергия	кВтч/т	//
Оборотная вода	м ³ /т	//
Природный газ	Нм ³ /т	//
Пар, потребление 14 бар	т/т	//
Пар, потребление 4 бар	т/т	//
Воздух КИП	м ³ /т	//
Конденсат водяного пара	м ³ /т	//
Количество сточных вод	м ³ /т	//
МТБЭ. ТАМЭ		
Электроэнергия	кВтч/т	//
Оборотная вода	м ³ /т	//
Пар, потребление 35 бар	т/т	//
Пар, потребление 14 бар	т/т	//
Пар, потребление 4 бар	т/т	//
Воздух КИП	м ³ /т	//
Деминерализованная вода	м ³ /т	//
Количество сточных вод	м ³ /т	//
УЗК		

Электроэнергия	кВтч/т	//
Природный газ	м ³ /т	//
Оборотная вода	м ³ /т	//
Воздух КИП	м ³ /т	//
Пар, потребление 35 бар	т/т	//
Пар, потребление 14 бар	т/т	//
Пар, потребление 4 бар	т/т	//
Азот	м ³ /т	//
Деминерализованная вода	м ³ /т	//
Пар, производство 35 бар	т/т	//
Пар, производство 14 бар	т/т	//
Пар, производство 4 бар	т/т	//
Количество сточных вод	м ³ /т	//
КК (ФСС)		
Электроэнергия	кВтч/т	//
Оборотная вода	м ³ /т	//
Пар, потребление 5 бар	т/т	//
Пар, потребление 14 бар	т/т	//
Пар, потребление 35 бар	т/т	//
Природный газ	м ³ /т	//
Деминерализованная вода	м ³ /т	//
Воздух КИП	м ³ /т	//
Пар, производство 18 бар	т/т	//
Пар, производство 37 бар	т/т	//
Пар, производство 4 бар	т/т	//
Количество сточных вод	м ³ /т	//
Отпарка кислых вод с процесса Клауса и процессов НПЗ. Расход на 1 м³		
Электроэнергия	кВтч/м ³	//
Оборотная вода	м ³ /м ³	//
Пар, потребление 4 бар	т/м ³	//
Воздух КИП	м ³ /м ³	//
Количество сточных вод	м ³ /м ³	//
Сероочистка газов – процесс Клауса. Расхода на 1 тонну серы.		
Электроэнергия	кВтч/т	//
Оборотная вода	м ³ /т	//
Природный газ	Нм ³ /т	//
Пар, потребление 14 бар	т/т	//
Пар, потребление 4 бар	т/т	//
Воздух КИП	м ³ /т	//
Конденсат водяного пара	м ³ /т	//
Деминерализованная вода	м ³ /т	//
Пар, производство 4 бар	т/т	//
Количество сточных вод	м ³ /т	//
ГО бензина коксования		
Электроэнергия	кВтч/т	//
Оборотная вода	м ³ /т	//
Пар, потребление 35 атм	т/т	//
Природный газ	Нм ³ /т	//
Воздух КИП	Нм ³ /т	//
Количество сточных вод	м ³ /т	//
Производство водорода. Расход на 1 тонну H₂		
Оборотная вода	м ³ /т	//
Обессоленная вода	м ³ /т	//
Охлажденная вода	м ³ /т	//
Деминерализованная вода	м ³ /т	//
Пар, потребление 4 бар	т/т	//
Пар, потребление 14 бар	т/т	//
Пар, производство 18 бар	т/т	//
Воздух КИП	Нм ³ /т	//

Электричество	kWч/т	//
Газ Метан	Нм ³ /т	//
Количество сточных вод	м ³ /т	//

Общее потребление энергоресурсов, на основании **Таблицы 9**, а также **Приложения 3**, с указанием мощностей основных установок приведены в **Таблице 10**.

Таблица 10.

Энергоресурсы. Общее потребление и производство в год.		
Оборотная вода	м ³	59,529,274
Деминерализованная вода	м ³	791,263
Конденсат водяного пара	м ³	81,993
Пар, потребление 4 бар	т	566,304
Пар, потребление 14 бар	т	430,504
Пар, потребление 35 бар	т	281,333
Пар, производство 4 бар	т	240,933
Пар, производство 14 бар	т	46,879
Пар, производство 35 бар	т	411,127
Воздух КиП	Нм ³	8,201,003
Азот	Нм ³	424,086
Электричество	kWч	98,191,794
Газ Метан, топливо	Нм ³	126,691,317
Газ Метан, сырье	Нм ³	13,525,020
Количество сточных вод	м ³	385,669

В таблицу не включены расходы энергоресурсов:

- прием мазута. Прямогонного дизеля и хранение нефтепродуктов
- очистные сооружения
- компримирование воздуха технического, осушка воздуха КиП, производство азота

5. Капитальные затраты по установкам завода.

Капитальные затраты на изменение конфигурации завода при переработке прямогонных мазутов с выпуском моторных топлив Евро 5. Затраты указаны в местной валюте и переведены в евро (желтый фон).

Таблица 11.

Наименование установок	Подрядчики	Завод	Всего	Примечание
Установка Вакуумной дистилляции				
Ремонт футеровки печей	//	//	//	
Ремонт дымовой трубы	1,400,000	0	1,400,000	Обеспечение безопасности
Ремонт и торкретирование колонн	//	//	//	
Материалы, в т.ч трубки для т/о	//	//	//	
Ремонт и изготовление т/о	//	//	//	
Система управления DCS	//	//	//	
Электрика и КИП и систем управления компрессоров	//	//	//	
Закупка насосов 100 P16a,r 100 P17a,r и монтаж	//	//	//	

Перевод печей на газовое топливо	//	//	//	
Ремонт резервуаров Т15,Т16	//	//	//	
Ремонт резервуаров R271,R272	//	//	//	
Ремонт резервуаров Т125	//	//	//	
Ремонт резервуаров Т115,Т116	//	//	//	
Ремонт резервуаров Т11,Т12	//	//	//	
Работы по пусконаладке	//	//	//	
Итого, EURO	2,766,465	1,272,097	4,038,561	
Установка ГО ДТ НМ				
Материалы трубного пучка 122S5	//	//	//	
Покупка насосов 122 Р10 А, R	//	//	//	
Ремонт печей С1	//	//	//	
Ввод в эксплуатацию парогенератора.	//	//	//	Энергосбережение
Замена горелок на печах с контролем пламени	//	//	//	Обеспечение безопасности
Стоимость распределительных тарелок Equi-flow	//	//	//	
Катализаторы и химикаты	//	//	//	
Монтаж нового реактора	//	//	//	
Монтаж трубопроводов электрики и КиП	//	//	//	
Аминная очистка к реактору, новый проект	//	//	//	Необходимость определяется нагрузкой по ДТ
Электрика и КИП и систем управления компрессоров	//	//	//	
Работы по пусконаладке	//	//	//	
Ремонт резервуаров Т105,106	//	//	//	
Ремонт резервуаров блендирования дизеля R251,252,261,263,264 Т75, 76	//	//	//	
Итого, EURO	3,082,835	729,482	3,812,316	
Установка ГО ДТ НМ2				
Для ГО бензина коксования				
Материалы, в т.ч трубы для т/о, тарелки	//	//	//	
Монтаж тарелок	//	//	//	
Изготовление т/о	//	//	//	
Катализаторы и химикаты	//	//	//	
Стоимость распределительных тарелок Equi-flow	//	//	//	
Замена горелок на печах с контролем пламени	//	//	//	Обеспечение безопасности,
Торкретирование печи	//	//	//	
Ремонт емкостного, т/о и насосного оборудования	//	//	//	
Электрика и КИП и систем управления компрессоров	//	//	//	
Работы по пусконаладке	//	//	//	
Ремонт резервуаров R342,R333,R343	//	//	//	
Итого, EURO	1,174,033	196,071	1,370,105	
Установка ГО ВГО				
Материалы, в т.ч трубы для т/о	//	//	//	
Катализаторы и химикаты	//	//	//	
Стоимость распределительных тарелок Equi-flow	//	//	//	
Монтаж нового реактора	//	//	//	
Монтаж трубопроводов электрики и КиП	//	//	//	
Аминная очистка к реактору, новый проект	//	//	//	
Замена горелок на печах с контролем пламени	//	//	//	Обеспечение безопасности,
Электрика и КИП и систем управления компрессоров	//	//	//	
Закупка насосов и монтаж 125P2a,r, 125P7a,r	//	//	//	

Ремонт емкостного и т/о и насосного оборудования	//	//	//	
Закупка новых приборов КиП и ремонт	//	//	//	
Работы по пусконаладке	//	//	//	
Ремонт резервуаров Т19, 20, 21, 22	//	//	//	
Итого, EURO	4,271,901	573,433	4,845,333	
Установка КК (FCC)				
Материалы, в т.ч трубки для т/о, насосы 138FE24a,b, 145GE12, 138FE9, 145GE21	//	//	//	
Катализаторы и химикаты	//	//	//	
Покупка АВО 145 GE 22,23; 138 FE6;FE13	//	//	//	
Ремонт СО бойлера	//	//	//	
Ремонт реактора, главной колонны итд проект UOP	//	//	//	Затраты расчитаны UOP
Электрика и КИП и систем управления компрессоров	//	//	//	
Капитальный ремонт печи подогрева сырья	//	//	//	
Работы по пусконаладке	//	//	//	
Резервуары Т92,93,123,124,107	//	//	//	
Итого, EURO	//	//	//	
Установка МТБЭ и ТАМЭ				
Расширение мощности ТАМЕ	//	//	//	
Ремонт резервуаров МТБЭ R235, 236, 237, 238	//	//	//	
Ремонт резервуаров ТАМЕ Т49, Т50, Т51, Т53, Т54	//	//	//	
Итого, EURO	67,649	61,830	129,479	
УЗК				
Проектирование	//	//	//	
Строительные работы в т.ч фундаменты	//	//	//	
Новая Градирня №3 для УЗК	//	//	//	Определяются по планам модернизации завода
Новый факел, иные системы безопасности	//	//	//	Обеспечение безопасности
Монтаж оборудования и трубопроводов	//	//	//	
Электрика монтаж	//	//	//	
КиП и система управления	//	//	//	
Изоляция, защита, покраска, вентиляция	//	//	//	
Строительство печи нагрева сырья коксования	//	//	//	
Ремонт резервуаров R1, R3, R37, R38, R85, R86,147, 148	//	//	//	
Строительство новых резервуаров, складов и рампы отгрузки кокса	//	//	//	
Строительство узла очистки сточных вод от фенола	//	//	//	
Итого, EURO	47,219,048	5,071,429	52,290,476	
Установки производства водорода № 1,2,3				
Катализаторы и химикаты	//	//	//	
Материалы, в т.ч трубки для т/о, емкости, включая монтаж	//	//	//	
Ремонт емкостного и т/о и компрессорного оборудования	//	//	//	
Закупка новых приборов КиП и ремонт	//	//	//	
Установки производства водорода № 4	//	//	//	
Катализаторы и химикаты	//	//	//	
Завершение монтажа трубопроводов	//	//	//	
Стоимость покупки водородного компрессора	//	//	//	

Завершение электромонтажа	//	//	//	
Завершение КиП и системы управления	//	//	//	
Подземные сети и бетонирование площадки	//	//	//	
Ремонт буллитов хранения водорода	//	//	//	
Итого, EURO	1,983,388	914,290	2,897,678	
Установка сероочистки газов				
Катализаторы и химикаты	//	//	//	
Материалы, в т.ч трубки для т/о, насосы, трубы, клапана. Включая монтаж	//	//	//	
Завершение монтажа трубопроводов и строительных работ	//	//	//	
Закупка новой т/п и расключение	//	//	//	
Система управления и КиП	//	//	//	
Капитальный ремонт инсенераторов	//	//	//	
Изоляция после монтажа	//	//	//	
Ремонты, включая электрообогрев	//	//	//	
Проект Perner на расширение адсорбции	//	//	//	При работе на низкосернистом сырье нет необходимости
Итого, EURO	3,644,843	530,803	4,175,646	
Градирни, прием свежей воды, производство деминерализованной воды				
Градирня №1. Покупка и загрузка наполнителя	//	//	//	
Ремонт насосов водооборота, включая надземное электроснабжение	//	//	//	
Ремонт насосной	//	//	//	
Вынос трубопроводов на поверхность	//	//	//	Определяются по планам модернизации завода
Градирня №2 Ремонт насосов водооборота	//	//	//	
Ремонт насосной	//	//	//	
Вынос трубопроводов на поверхность	//	//	//	Определяются по планам модернизации завода
Химикаты	//	//	//	
Электрообогрев трубопровода свежей воды	//	//	//	
Дополнительное емкости хранения деминерализованной воды.	//	//	//	
Замена трубопровода свежей воды	//	//	//	
Итого, EURO	3,860,392	229,524	4,089,916	
Обеспечение газом.				
Закупка системы регулирования и измерения	//	//	//	
Подключение к системе регулирования и учета	//	//	//	
Ремонтные работы	//	//	//	
Итого, EURO	1,033,879	1,088	1,034,966	
Обеспечение паром				
КиП и система управления котла 35 бар	1,890,000	0	1,890,000	
Ремонт оборудования котла	0	292,890	292,890	
Химикаты	35,371	0	35,371	

Магистральные трубопроводы пара, включая подключение СО-бойлера	//	//	//	
Восстановление изоляции	//	//	//	
Итого, EURO	908,422	69,736	978,157	
Обеспечение электричеством				
Замена дефектных участков магистральных кабелей, замена ячеек на 110 и 0,4 кВ	//	//	//	Уточнение по факту рекуперации
Итого, EURO	1,053,695	317,590	1,371,286	
Газометр и факел				
Замена магистральных трубопроводов факела, включая покупку труб	//	//	//	
Градирня системы факела	//	//	//	
Бетонирование площадок гидрозатвора	//	//	//	
Ремонт кладки факела	//	//	//	
Ремонт емкостного и насосного оборудования	//	//	//	
Работы по пусконаладке	//	//	//	
Итого, EURO	586,891	473,007	1,059,898	
Рампы слива и налива				
Рампа слива нефти (мазута, ВГО)	//	//	//	
Рампа слива нефти	//	//	//	
Рампа слива дизеля	//	//	//	
Рампа слива метанола	//	//	//	
Авторампа жидких продуктов	//	//	//	
Авторампа газов	//	//	//	
Ж/д рампа газов	//	//	//	
Ж/д рампа жидких продуктов	//	//	//	
Итого, EURO	2,994,229	574,647	3,568,876	
Локомотивы и ж/д пути				
Ремонт локомотивов	//	//	//	
Ремонт ж/д путей	//	//	//	
Итого, EURO	478,572	172,767	651,339	
Хранение жидких товарных продуктов				
Ремонт и наладка насосных станций 200B+C;200G;200E;200H;35-1/2; авто-платформа; 200I2; 200 K, 200 K1 200 D	//	//	//	
Ремонт и наладка насосных станций 200F,200 A,200H1,200I,200 I, платформа приемки нефти, 221/4 , 221/1	//	//	//	
Резервуары хранения биоэтанола, биодизеля аддитивов, включая насосные	//	//	//	
Объединение насосных бензина 200I2 и 200B+C в единую электроэнергетическую систему	//	//	//	
Хранение дизельного топлива в резервуарах T100,101,102	//	//	//	
Ремонт T100,101,102	//	//	//	
Изоляция T100,101,102	//	//	//	
Электрика и КИП	//	//	//	
Хранения RMK, RMG, RMH 380 в резервуарах T111,112,113 или судового топлива MDO	//	//	//	При работе с УЗК иное назначение
Ремонт T111,112,113	//	//	//	
Монтаж змеевика T111	//	//	//	
Изоляция T111,112,113	//	//	//	

Электрика и КИП	//	//	//	
Итого, EURO	217,113	611,625	828,737	
Хранение сжиженных газов				
Склад бутана, сферы: T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T135, T136, T137, T138, T481A, 482A, 483A, 484A, 485A, 486A				
Электрообогрев	//	//	//	
Отсекающие клапана	//	//	//	
Электрика и КИП	//	//	//	
Ремонтные работы	//	//	//	
Склад бутана, танки: T131, T132, T133, T134, T139, T140	//	//	//	
Электрообогрев	//	//	//	
Отсекающие клапана	//	//	//	
Электрика и КИП	//	//	//	
Ремонтные работы	//	//	//	
Склад пропана, сфера T130	//	//	//	
Электрообогрев	//	//	//	
Отсекающие клапана	//	//	//	
Электрика и КИП	//	//	//	
Ремонтные работы	//	//	//	
Склад пропана, танки V1, V2, V1A, V1B, V1C	//	//	//	
Электрообогрев	//	//	//	
Отсекающие клапана	//	//	//	
Электрика и КИП	//	//	//	
Ремонтные работы	//	//	//	
Склад пропилена, сферы: T127, T128, T129	//	//	//	
Электрообогрев	//	//	//	
Отсекающие клапана	//	//	//	
Электрика и КИП	//	//	//	
Ремонтные работы	//	//	//	
Итого, EURO	991,950	72,614	1,064,564	
Авторизации, получение разрешений надзорных органов, экспертизы	//	//	//	
Работы по обеспечению безопасности	//	//	//	
Вынос на поверхность линий воды и пены к складам хранения	//	//	//	Приемка по факту циркуляции контура пожаротушения
Система огнетушения (насосные станции и пожарные резервуары В1, В2, В3) и подземные сети гидрантов	//	//	//	
Итого, EURO	0	2,880,952	2,880,952	
ВСЕГО по всем объектам				
Всего, EURO	95,617,918	14,778,813	110,396,731	

Приложение 1. Показатели качества прямогонного мазута, поставляемого через Новороссийский терминал от Ильского НПЗ.



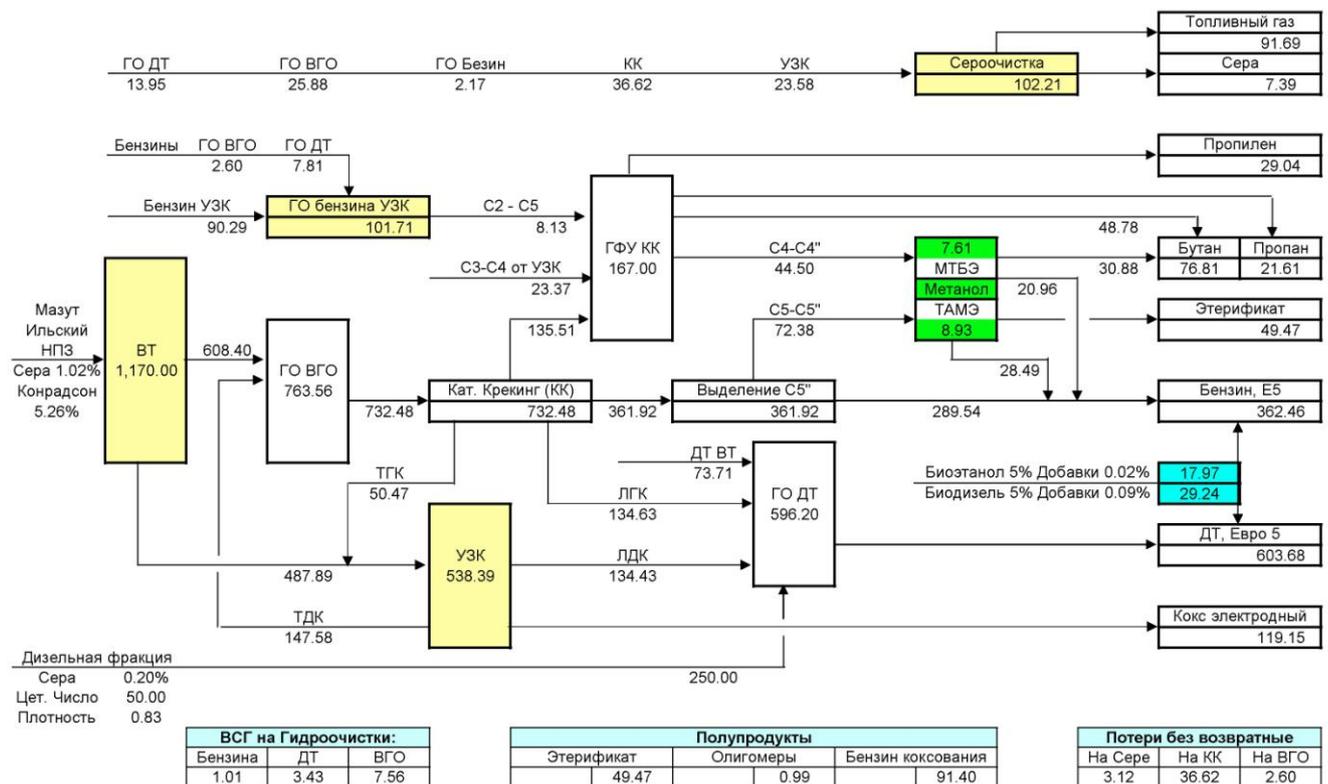
Показатели качества определены в объеме перечня анализов <https://makston-engineering.ru/inzhenernyj-servis/post/zakaz-analiza-na-neft-mazut-naftu>

Приложение 2. Показатели качества дизельной фракции не гидроочищенной, поставляемой через Новороссийский терминал от Ильского НПЗ.



Показатели качества определены в объеме перечня анализов <https://makston-engineering.ru/inzhenernyj-servis/post/zakaz-analiza-na-neft-mazut-naftu>

Приложение 3. Поточная схема переработки мазута, поставляемого через Новороссийский терминал от Ильского НПЗ.



Приложение 4. Блендинг бензинов завода

Компоненты	DENS	Sulf	C6H6	Olef	COM	Arom	COR	RVP	Тыс.т	%	100°C	70°C	150°C
											100	100	100
Бутан	0.580	15.00	0.00	0.00	79.00	0.00	91.50	400	5.50	1.52	100	100	100
Бензин RC	0.800	1.00	1.00	1.00	84.80	66.00	96.00	12	0.00	0.00	10	0	75
Изопентан	0.630	14.00	0.00	0.00	93.00	0.00	94.00	140	0.00	0.00	100	100	100
ТАМЭ	0.776	3.00	0.00	0.00	99.50	0.00	105.00	54	28.49	7.86	100	0	100

Изомеризат	0.690	5.00	0.00	0.00	89.00	0.00	90.00	110	0.00	0.00	100	100	100
Концентрат С6+	0.680	3.00	7.00	0.00	69.00	7.00	71.00	80	0.00	0.00	100	90	100
Бензин FCC	0.750	11.00	1.14	21.50	82.00	28.00	92.90	58	289.54	79.90	50	26	77
Бензин DCC	0.800	40.00	1.00	22.00	81.50	32.00	92.50	52	0.00	0.00	30	0	58
МТВЭ	0.745	3.00	0.00	0.00	100.50	0.00	116.00	54	20.96	5.78	100	100	100
Биоэтанол	0.796	0.00	0.00	0.00	87.00	0.00	106.00	16	17.90	4.94	100	0	100
ИТОГО	0.751	9.42	0.911	17.19	85.15	22.39	95.81	61	362.38	100	60.02	28.57	81.61
Качество для Евро 5	н/б 0.775	н/б 10	н/б 1	н/б 18	н/м 85	н/б 35	н/м 95	45-80 Лето 50-100 Зима			46-70	20- 50	н/м 75

Приложение 5. Блендинг дизеля завода.

Блендинг ДТ			До гидроочистки		После гидроочистки	
	т. т	%	Плотность, кг/м3	Цетановый индекс	Плотность, кг/м3	Цетановый индекс
Прямогонный дизель на примере Краснодар НПЗ. Привозной.	250.00	42	0.833	50.00	0.819	53.00
ЛСО - легкий дизель каткрекинга, до 300 град. Спецификация завода	134.63	23	0.90	20.00	0.884	35.00
Дизельная фракция Отгон прямогонного мазута. Плотность 0.8826, ЦЧ 49.6, Сера 0.551% масс	73.71	12	0.871	49.60	0.856	50.00
Легкий дизель коксования, до 360 град. Спецификация завода	134.43	23	0.855	40.00	0.840	45.00
Всего	592.77	100	115.605	40.67	0.845	46.85
Результат блендинга			0.8579	40.67	0.8430	46.85
Стандарт					845	51

Приложение 6. Проектные решения к реализации

Наименование блока	Перечень критичных проектных решений
1. Вакуумная колонна	1. Вывод дизельной фракции с верха колонны 2. Система управления процессом 3. Подогрев сырья
2. ГО ВГО	1. Фильтра очистки тяжелого дизеля коксования
3. Каталитический крекинг	1. Замена внутренних устройств реактора 2. Капитальный ремонт печи нагрева сырья 3. Капитальный ремонт СО-бойлера
4. Замедленное коксование	1. Полный комплект детального инжиниринга
5. ГО ДТ	1. Колонна аминной очистки
6. ГО бензина коксования	1. Выбор катализатора и схемы переработки в зависимости от направления продаж
7. МТВЭ ТАМЭ	Нет
8. Сероочистка газов	1. Аминная очистка и отпарка сточных вод 2. Каталитическое окисление сбросных газов
9. Производство водорода	1. Система управления фабрика №4.
10. Водооборот	1. Вынос трубопроводов оборотной воды на поверхность
11. Факельное хозяйство	1. Принятие решение о конфигурации завода, после реализации схемы переработки мазута.
12. Очистные сооружения	1. Очистка сточных вод УЗК