

Engineering and Consulting PFA Alexander Gadetskiy»

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

MASTER

Discipline PROCESS: Atmospheric distillation of oil, delayed coking, extraction of aromatic hydrocarbons, naphtha reforming, diesel fuel

Name: Alexander.gadetskiy@inbox.lv

Sign.

Date: Stade 1. 15.05.2016

Stade 2. 25.09.2016

ОБНОВЛЕНО 01.03.2023



Работа НПЗ по дизельно-ароматической схеме. Атмосферная перегонка, ароматический риформинг, экстракция ароматики, замедленной коксование, гидроочистка дизеля.



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

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

Содержание

1. Введение. Основные технологические решения.
2. BFD схема комплекса. Материальные балансы по установкам и сводный материальный баланс
3. Качество сырья, полуфабрикатов и выпускаемой продукции.
4. Объемы хранения сырья, полуфабрикатов, продукции
5. Площадка строительства. Обеспеченность энергоресурсами
6. Операционные затраты по каждой установке и по заводу в целом
7. Комментарии по генеральному плану площадки строительства
8. Капитальные затраты на строительство

Приложения, в составе отдельного тома:

- Приложение 1. Технические задания по I и II этапам концептуального инжиниринга
- Приложение 2. Полные характеристики сырья
- Приложение 3. Характеристики предоставляемых энергоресурсов, требования по качеству стоков, эмиссий, твердых отходов
- Приложение 4. Генеральный план, применительно к площадке строительства
- Приложение 5. PFD схема установки гидроочистки сырья риформинга
- Приложение 6. PFD схема установки гидроочистки дизельных фракций
- Приложение 7. PFD схема установки риформинга на ароматику
- Приложение 8. PFD схема установки экстракция ароматических углеводородов
- Приложение 9. PFD схема установки выделение бензола и толуола
- Приложение 10. PFD схема установки выделение смеси ксилолов C8 и фракции C9+
- Приложение 11. PFD схема установки замедленного коксования
- Приложение 12. PFD схема установки производства водорода риформингом метана
- Приложение 13. PFD схема установки демеркаптанизации легкой нефти
- Приложение 14. PFD схема установки сероочистки газов на основе процесса Клауса

1. Введение. Основные технологические решения.

Техническое задание Заказчика предполагало переработку малосернистой западносибирской нефти, характеристики которой приведены, **Глава 3**, с выпуском ароматических углеводородов и дизельного топлива, по примеру <https://makston-engineering.ru/kontseptualnyy-proyekt-66> или <https://makston-engineering.ru/kontseptualnyy-proyekt-29>

Планирование выполнялось на площадке действующего НПЗ 3 млн. тонн в год работающего по схеме АТ. Вариантов желаемой конфигураций процессов, для заводов с подобной конфигурацией имеется не так уж много, тем более, что неизменным и обязательным условием являлась минимизация затрат на строительство.

Исключение получения автобензинов позволяло отправить на ароматический риформинг весь объем прямогонной нефти.

Коэффициент Конрадсона, более 7.5, для остатка 360+°С, позволял направить весь объем этой фракции на УЗК, т.е. исключить каталитический крекинг, тем более, что выпуск автобензинов не предполагался.

Для выделения ароматики использовалась экстракция с получением бензола, толуола, смеси ксилолов с небольшим количеством этилбензолов и ароматических фракций С9 и С10+. На данной стадии Заказчиком не были приняты решения, либо:

- реализация бензола, толуола и смеси ксилолов, С9 и С10+
- введение в схему дополнительных процессов трансалкилирования толуола, изомеризации ксилолов и переработки С9+ в п-килол, в этом случае выпускаемые продукты – бензол, п-килол и С10+.

Концептуальный анализ выполнялся на основе типовых технологических процессов. Использование в качестве основы существующих технологий применительно к новым условиям работы, называется – технологической репликой. Технология реплик учитывает все минусы, которые существовали по процессу и оборудованию использует новые катализаторы, реагенты, химикаты новых катализаторов и реагентов, т.е. воспринимает все лучшее, что появилось за период между созданием оригинала и его улучшенной копии применительно к новым технологическим условиям, а также к нормам и правилам страны строительства.

В настоящее время, проект реализуется по схеме с выпуском смеси ксилолов <https://makston-engineering.ru/kontseptualnyy-proyekt-78>

2. BFD схема комплекса. Материальные балансы по установкам и сводный материальный баланс

На **Схеме 1** показана конфигурация, которая была предложена Заказчику, как дополнение к имеющейся АТ Материальный баланс для этого варианта представлен в **Таблице 1**.

Схема 1

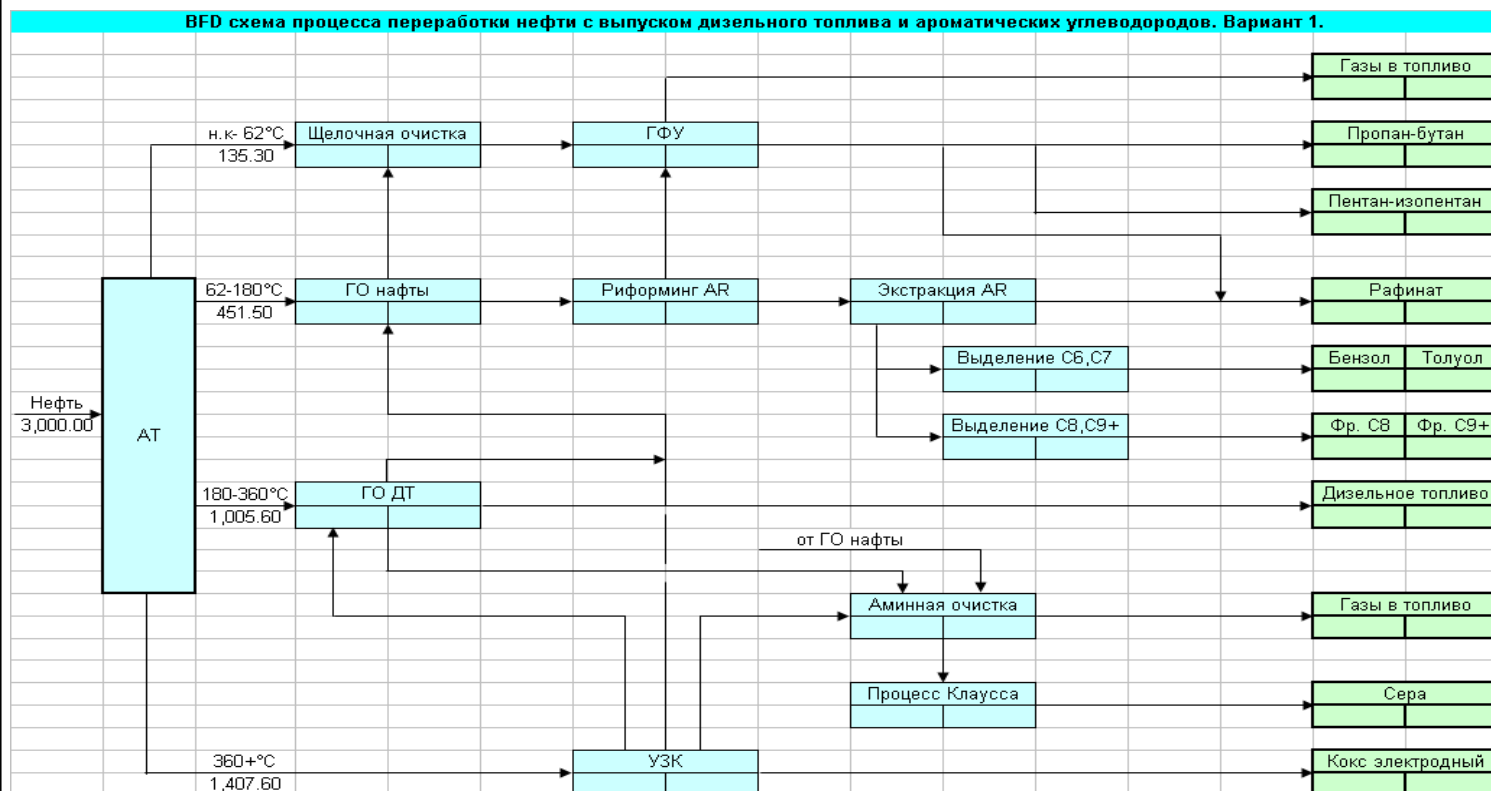


Таблица 1

Сводный баланс переработки нефти с выпуском дизельного топлива и ароматических углеводородов. Вариант 1.			
Сырьё	% масс	т.т год	
Нефть Западносибирская малосернистая	100.00%	3,000.00	API 34.79 S=0.60% масс.
Итого	100.00%	3,000.00	
Продукты переработки			
Бензол	2.79%	83.59	Склад товарного бензола
Толуол	3.65%	109.58	Склад товарного толуола
Фракция C8	3.72%	111.54	Склад товарных полуфабрикатов
Фракция C9+	2.43%	73.02	Склад товарных полуфабрикатов
Пентан-изопентановая фракция	2.84%	85.07	Склад сжиженных газов
Пропан-бутановая фракция	5.63%	168.85	Склад сжиженных газов
Рафинат неароматический	5.13%	153.94	Склад товарных полуфабрикатов
Дизельное топливо E5	51.28%	1,538.30	Склад товарного ДТ
Сера гранулированная	0.33%	10.00	Склад товарной серы
Кокс электродный S<1.5% масс.	9.38%	281.52	Склад товарного кокса
Водород, к 100%	0.56%	16.85	На собственные гидроочистки
Газы в топливную сеть завода	12.26%	367.74	В топливную сеть завода
Итого	100.00%	3,000.00	

Материальный баланс, **Таблица 2** предполагает возврат неароматического рафината на риформинг, а также на риформинг возвращается фракция С6+ после ГФУ, т.е на **Схеме 1** показывают перечисленные потоки. Указанные рециклы незначительно увеличивают выход смеси ксилолов и бензола и очень значительно увеличение наблюдается для фракции С₅ и С₃-С₄, подобные модификации риформингов (с переработкой неароматического рафината после экстракции) используются для максимизации сырья для изопреновых каучуков.

Таблица 2

Сводный баланс переработки нефти с выпуском дизельного топлива и ароматических углеводородов. Вариант 2.			
Сырьё	% масс	т.т год	
Нефть Западно-сибирская малосернистая	100.00%	3,000.00	API 34.79 S=0.60% масс.
Итого	100.00%	3,000.00	
Продукты переработки			
Бензол	3.24%	97.27	Склад товарного бензола
Толуол	4.25%	127.51	Склад товарного толуола
Фракция С8	4.33%	129.79	Склад товарных полуфабрикатов
Фракция С9+	2.83%	84.96	Склад товарных полуфабрикатов
Пентан-изопентановая фракция	3.71%	111.43	Склад сжиженных газов
Пропан-бутановая фракция	7.37%	221.18	Склад сжиженных газов
Рафинат неароматический	0.00%	0.00	Склад товарных полуфабрикатов
Дизельное топливо Е5	51.28%	1,538.30	Склад товарного ДТ
Сера гранулированная	0.33%	10.00	Склад товарной серы
Кокс электродный S<1.5% масс.	9.38%	281.52	Склад товарного кокса
Водород, к 100%	0.60%	17.94	На собственные гидроочистки
Газы в топливную сеть завода	12.67%	380.10	В топливную сеть завода
Итого	100.00%	2,999.99	

Материальные балансы, приведенные в **Таблицах 1 и 2**, составлены по реальным расходным нормам действующих установок, **Схема 1** и далее фигурируют в описании процессов завода. Принципиальное различие материальных балансов заключается в использовании рафината после экстракции, как сырья риформинга, либо, как не самого ликвидного товарного продукта, качественные показатели приведены в **Главе 3**. Установка риформинга позволяющая использовать и неароматический рафинат, в дополнение к прямогонной нефти имеют различия с классическим ароматическим риформингом, как по параметрам режима, так и по внутренним устройствам реактора.

Нафта коксования также направляется на риформинг с предварительным прохождением гидроочистки нефти. Количества нефти коксования до 15% от сырья риформинга, не повлияют на работу катализатора риформинга, но поставщик катализатора гидроочистки должен быть уведомлен о наличии бензина коксования.

Технологическая схемазавода базируется на уже существующих установках первичной перегонки нефти суммарной мощностьюмлн. т/год. Получаемые фракции нефти, а именно: 62-180°C 180-360°C после АТ отправляются на промежуточные склады хранения для блендирования с соответствующими компонентами от вторичных процессов и последующей подачей на установки гидроочистки дизеля и нефти. Фракции н.к-62°C и 360+°C после АТ могут подаваться непосредственно на установки демеркаптанизации и замедленного коксования, либо через промежуточные склады хранения. Объемы складов хранения для готовой продукции и полуфабрикатов приведены в **Главе 4**, дополнительных объемов для хранения сырья (нефти) и дизельного топлива не требуется.

Описание технологического процесса для каждой установки, **Схема 1**, балансы для каждой установки, **Таблицы 3-12**, балансы для трансалкилирования толуола, изомеризации ксилолов и переработки C9+ в п-килол, **Таблицы 13-15**, баланс водорода, **Таблица 16**, баланс серы, **Таблица 16А**, а также параметры режима, катализаторы и т.д. приведены в полной версии отчета.

3. Качество сырья, полуфабрикатов и выпускаемой продукции.

(обновления по стандартам качества не производилось)

Таблица 17

Наименование показателей	Единицы измерения	Значение
Нефть западносибирская, легкая, малосернистая.		
Плотность при 15°C	г/см ³	0.8509
Сера	% масс	0.48
Точка застывания	°C	минус 9
Никель	ppm	3.9800
Ванадий	ppm	6.71
Медь	ppm	0.0700
Асфальтены	% масс	0.6600
Газы	% масс	1.24
C5-65	% масс	3.27
65-180	% масс	15.05
180-360	% масс	33.52
360-530	% масс	26.39
530+	% масс	18.27
Потери	% масс	2.26
ПРОДУКЦИЯ		
Дизельное топливо, ЕВРО Сорт С Вид 3 согласно ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009)		
Бензол. Высший сорт ОКП 24 1411 0220. Для синтеза		
Содержание основного в-ва	% масс.	н/м 99.70
Плотность при 20°C	кг/м ³	878 - 880
Содержание примесей, н/б	% масс.	0.27
Н-гептана, н/б	% масс.	0.06
Толуола и метилциклогексана, н/б	% масс.	0.13
Метилциклопентана, н/б	% масс.	0.08

Сера, н/б	% масс/ppm	0.00015/1.0
Точка кристаллизации, не ниже	°С	плюс 5.35
Окраска серной кислоты, н/б	Номер образцовой шкалы	0.10
Реакция водной вытяжки		нейтральная
Пределы перегонки 95 %°С включая температуру кипения чистого бензола 80,1°С, н/б		0.60
Толуол. Высший сорт ОКП 24 1421 0110		
Содержание основного в-ва	% масс.	н/м 99.75
Плотность при 20°С	кг/м3	865 - 867
Содержание примесей, н/б	% масс.	0.25
Бензол, н/б	% масс.	0.10
Не ароматических у-в, н/б	% масс.	0.10
Ароматических у-в С8, н/б	% масс.	0.05
Сера, н/б	% масс/ppm	0.00015/1.5
Окраска серной кислоты, н/б	Номер образцовой шкалы	0.15
Реакция водной вытяжки		нейтральная
Пределы перегонки 98 %°С включая температуру кипения чистого толуола 110,6°С, н/б		0.70
Смесь ксилолов, Ксилол нефтяной, Марка А. ОКП 24 1451 0110		
Плотность при 20°С	кг/м3	862 - 868
температура начала перегонки, не ниже	°С	137.50
98 % объема перегоняется при температуре, не выше	°С	141.20
Ароматических углеводородов (С8Н10), н/м	% масс.	99.60
Окраска серной кислоты, н/б	Номер образцовой шкалы	0.30
Сера, н/б	% масс/ppm	0.0002/2.0
Реакция водной вытяжки		нейтральная
Температура вспышки, не ниже	°С	23.00
Фракция ароматических углеводородов С9+, каталитического риформинга. Солювент нефтяной тяжелый. Нефрас-А-120/200. ОКП 24 1572 0800 или Нефрас-С4-155/200 ОКП 02 5113 0100 или Нефрас-С4-150/200 ОКП 02 5113 0500		
Внешний вид	Прозрачная жидкость до светло-желтого цвета	
Плотность при 20°С	кг/м3	880 - 895
температура начала перегонки, не ниже	°С	145.00
90 % объема перегоняется при температуре, не выше	°С	185.00
Летучесть по ксилолу, н/б		2.00
Окраска серной кислоты, н/б	Номер образцовой шкалы	не нормируется
Сера, н/б	% масс/ppm	0.005/50
Реакция водной вытяжки		нейтральная
Температура вспышки, не ниже	°С	29.00
Смесь пропана и бутана технических (СПБТ) ОКП 02 7236 0300		
Теплота сгорания низшая	МДж/кг	46.00
Массовая доля метана-этана, н/б	% масс.	не нормируется
Массовая доля пропана, н/м	% масс.	40.00
Массовая доля бутанов, н/б	% масс.	60.00
Массовая доля н-бутанов, н/м		не нормируется
Массовая доля изобутанов, н/б	% масс.	не нормируется
Массовая доля непредельных, н/б	% масс.	2.00
Объемная доля жидкого остатка при 20°С, н/б	% об.	2.00
Давление насыщенных паров при 45°С, н/б	Мпа	1.60
Массовая доля общей серы (для неодорированного газа), н/б	% масс/ppm	0.01/100
Испытание на медную пластинку		выдерживает

(для неадорированного газа)

Массовая доля метанола, н/б

% масс.

0.005

Содержание свободной воды и щелочи

отсутствие

Пентан - изопентановая фракция

Сера

Содержание основного в-ва, н/м

% масс

99.0

Влажность, н/б

% масс

1.00

Зольность, н/б

% масс

0.09

Органические вещества, н/б

% масс

0.085

Содержание основного в-ва, н/м

% масс

99.0

ПОЛУФАБРИКАТЫ

Бензин коксования, фракция 85 – 185 °С не гидроочищенная

Дизельная фракция коксования 170 – 365 °С, не гидроочищенная

Депентанизированный рафинат неароматический (данные для ТУ производителя)

Плотность при 20°С

кг/м³

700.00

Содержание общей серы, не более

ppm

5.00

Давление насыщенных паров

psi/Па

2.8 / 19300

температура начала кипения, не ниже

°С

45.00

температура конца кипения, не выше

°С

160.00

Объемная доля парафиновых углеводородов, н/м

% об

70.00

Объемная доля ароматических углеводородов, н/б

% об

5.00

Объемная доля непредельных углеводородов, н/б

% об

1.00

Содержание механических примесей и воды

отсутствие

Фракция нк – 85°С после щелочной очистки

КОКСЫ

Коксы нефтяные малосернистые ГОСТ 22898 – 78. Электродные марки: КНГ, КЗГ, КЗА высший и первый сорт, КНА

Влажность, н/б

% масс

Содержание летучих, н/б

% масс

Зольность, н/б

% масс

Содержание серы, н/б

% масс

Массовая доля мелочи, размер кусков менее 8 мм, н/б

%

Действительная плотность после прокаливания при 1300°С в течении 5 часов

г/см³

Истираемость, н/б

%

Содержание кремния, н/б

ppm

Содержание железа, н.б

ppm

Содержание ванадия, н/б

ppm

Оценка микроструктуры, н/м

балл

Коксы электродные суммарные ТУ 38.301-19-99-96 (изм.1).

Марки по качеству

Марка А

Марка Б

Влажность, н/б

% масс

Содержание летучих, н/б

% масс

Зольность, н/б

% масс

Содержание серы, н/б

% масс

Массовая доля мелочи, размер кусков менее 8 мм, н/б

%

Содержание кремния, н/б

ppm

Содержание железа, н.б

ppm

Содержание ванадия, н/б

ppm

Единые корпоративные требования ОАО «РУСАЛ» к малосернистому нефтяному коксу. Электродному.

Влажность, н/б

% масс

Содержание летучих, н/б

% масс

Зольность, н/б

% масс

Содержание серы, н/б

% масс

Содержание никеля, н/б

% масс

Содержание железа, н/б

% масс

Содержание кремния, н/б

% масс

Содержание ванадия, н/б	% масс		
Содержание натрия, н/б	% масс		
Содержание титана, н/б	% масс		
Содержание кальция, н/б	% масс		
Действительная плотность после прокаливания при 1300°C в течении 5 часов. Для марки КП – 1	г/см3		
Действительная плотность после прокаливания при 1300°C в течении 5 часов. Для марки КП – 2	г/см3		
Объемная плотность	г/см3		
Массовая доля мелочи, размер кусков менее 8 мм, н/б	%		
Содержание обмасливающего агента, н/б	% масс		
Кокс анодные по спецификации "зеленого" кокса компании ALCOA, США			
Влажность, н/б	% масс		
Зольность, н/б	% масс		
Содержание серы, н/б	% масс		
Содержание летучих, н/б	% масс		
Содержание ванадия, н/б	ppm		
Содержание никеля, н/б	ppm		
Содержание кремния, н/б	ppm		
Содержание кальция, н/б	ppm		
Содержание натрия, н/б	ppm		
Содержание железа, н/б	ppm		
Размеры частиц кокса до 5 мм	%		
Кокс нефтяной суммарный для алюминиевой промышленности. ТУ 0258-094-0151806-94. Атыраусский НПЗ.			
Влажность, н/б	% масс		
Содержание летучих, н/б	% масс		
Зольность, н/б	% масс		
Содержание серы, н/б	% масс		
Массовая доля мелочи, размер кусков менее 8 мм, н/б	%		
Игольчатые коксы для электродов больших диаметров сталеплавильной промышленности			
Марки по качеству		Стандарт	Экстра
Оценка микроструктуры, н/м	балл		
Влажность, н/б	% масс		
Зольность, н/б	% масс		
Содержание серы, н/б	% масс		
Содержание летучих, н/б	% масс		
Содержание ванадия, н/б	ppm		
Электропроводность	мм/мм°C*10 ⁻⁶		

Показатели качества по всем позициям сырья и полуфабрикатов приведены в полной версии отчета.

4. Объемы хранения сырья, полуфабрикатов, продукции

В **Таблице 18**, а также во всех последующих таблицах, которые связаны со временем работы установок, принимается рабочий пробег оборудования 330 дней, что позволяет иметь, как минимум пятидневный запас по производительности.

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

Хранение малосернистого нефтяного кокса (электродного) производится на бетонированных площадках с дренажом всех видов сточных вод в бассейн приема кокса и воды после резки. Потребитель электродного кокса может высказать требование об исключении попадания атмосферных осадков. Площадка одновременно служит и площад-

кой отгрузки кокса в ж/д транспорт, для исключения пыления при отгрузке в летнее время, используется водяное орошение, в зимнее время для исключения смерзания кокс смачивается тяжелым дизелем, например, собственным ТДК.

Хранения серы гранулированной или комовой, производиться на открытых бетонированных площадках с дренажом всех видов вод в ХЗК. Площадка одновременно служит и площадкой отгрузки серы в автотранспорт, для исключения пыления при отгрузке в летнее время, используется водяное орошение. В случае выпуска гранулированной серы упаковка и хранение производиться в биг-бэгах.

Таблица 18

Объемы складов хранения основных полуфабрикатов и готовой продукции. (тыс тонн)				
Наименование	Срок хранения, сут	Плотность	Объем хранения, тыс.м3	Количество, объем и тип резервуаров, м3
Полуфабрикаты				
ПРОДУКЦИЯ				
ИТОГО				

* - хранение всех ароматических продуктов предусматривается в изолированных резервуарах с наружным змеевиком, который обогревается водяным паром, либо используется электрообогрев. Все трубопроводы ароматических продуктов до парков хранения, внутри парков хранения, а также до эстакад отгрузки выполняются изолированными с теплоспутником, который обогревается водяным паром или с электрообогревом. Развернутый состав **Таблицы 18** приведен в полной версии отчета.

5. Площадка строительства. Обеспеченность энергоресурсами

Глава 5 приведена в полной версии отчета, а также <https://makston-engineering.ru/kontseptualnyy-proyekt-78>

6. Операционные затраты по каждой установке и по заводу в целом

В **Таблицах 20, 21 и 22** приведены расчеты операционных затрат на основе расходных норм по статьям: энергетика, реагенты, химикаты, катализаторы, а также зарплата и ремонты. Принцип формирования расходных показателей заключался в следующем:

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

- зарплаты персонала в **Таблице 22** предоставлены Заказчиком и определялась только до уровня линейных руководителей, т.е до уровня начальника цеха

- показана оптимальная численность технологического и административного персонала, а также минимальная численность ремонтного персонала, которая необходима для проведения текущих ремонтов и ежедневного обслуживания оборудования, как механического, так электрического и КиП

- цена ремонтов всех типов принята, как 3% от цены нового основного оборудования для аналогичных объектов в странах с близкими ценовыми условиями строительства и актуализированы на уровень ////////////// г. индексом СЕРСИ

Стоимость процессинга составляет..... евро/т перерабатываемой нефти.

Развернутый состав **Таблиц 20, 21, 22** приведен в полной версии отчета, а также <https://makston-engineering.ru/kontseptualnyy-proyekt-78>

7. Комментарии по генеральному плану площадки строительства

Площадь застройки по технологическим секциям показана в **Таблице 23**, генеральный план в **Приложении 4** в полной версии отчета.

Таблица 23

Наименование установок согласно Схеме 1	Мощность (проектная/по балансу), т.т/год	Площадь застройки, м2
	////////////////////////////////////	////////////////////////////////////
	////////////////////////////////////	////////////////////////////////////
	////////////////////////////////////	////////////////////////////////////
	////////////////////////////////////	////////////////////////////////////
	////////////////////////////////////	////////////////////////////////////
	////////////////////////////////////	////////////////////////////////////
	////////////////////////////////////	////////////////////////////////////
	////////////////////////////////////	////////////////////////////////////
	////////////////////////////////////	////////////////////////////////////

8. Капитальные затраты на строительство

Расчет капитальных затрат, с учетом обновлений смотреть по ссылке <https://makston-engineering.ru/kontseptualnyy-proyekt-78>