

**Engineering and Consulting PFA Alexander Gadetskiy»**

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

MASTER

**Discipline: PROCESS:** Acetone, Methyl Isobutyl Ketone (MIBK), Di Acetone Alcohol (DAA), Methyl Isobutyl Carbinol (MIBC), Hexylene Glycol (HG)

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

**Sign.**

**Date:** 15.06.2023



**Производство диацетонового спирта, 15 тыс. т/год. Аль-  
дольная конденсация ацетона, гомогенный катализатор.  
Базовый проект, вариант 3. Технологические решения, расчет  
оборудования.**



*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

### КНИГА 1.

1. Основные проектные решения.....
- 1.1 Введение.....
- 1.2 Общая информация о проекте.....
- 1.3 Общие требования к проектированию.....
- 1.4 Энергоресурсы.....
- 1.5 Аварийные сбросы. ....
- 1.6 Климатические условия.....
- 1.7 Стандарты и нормы.....

### КНИГА 2.

2. Принципиальное описание процесса. BFD схема и границы проектирования. Используемое сырье.....
- 2.1 Введение.....
- 2.2 Используемое сырье, получаемые полуфабрикаты и готовая продукция.....
- 2.3 Принципиальное описание процесса по секциям.....
- 2.4 Расходные коэффициенты процесса.....
- 2.5 Технологические границы и границы проектирования.....
- 2.6 Принципиальная BFD схема процесса .....

### КНИГА 3

3. Спецификация сырья, химикатов и готовой продукции.....

### КНИГА 4.

4. Основные принципы регулирования и управления процессом .....
- 4.1 Введение.....
- 4.2 Исходные данные для проектирования и поставки автоматизированной системы управления технологическим процессом и противоаварийной автоматической защиты.....
- 4.3 Основные контура регулирования используемые при составлении PID схем.....
- 4.4 Основные блокировки и сигнализации используемые при составлении PID схем.

### КНИГА 5.

- 5.1 Введение. Общие сведения о процессе.....
- 5.2 Секция 200. Синтез диацетонового спирта альдольной конденсацией ацетона, нейтрализация гомогенного катализатора.....
- 5.3 Секция 300. Ректификация реакционной смеси, выделение товарного диацетонового спирта.....

### КНИГА 6.

6. PFD схемы процесса с указанием перечня и характеристикой потоков.....

**КНИГА 7.**

7. PFD схема с указанием материала оборудования.....

**КНИГА 8.**

8. P&ID схема процесса

**КНИГА 9.**

9. Симуляция процесса. Материальный и тепловой баланс

**КНИГА 10.**

10. Баланс потребления энергоносителей

**КНИГА 11.**

11. Список катализаторов и химикатов.

**КНИГА 12.**

12. Список опасных веществ. Листы безопасности (MSDS).

**КНИГА 13.**

13. Отходы производства

**КНИГА 14.**

14. Опросные листы на технологическое оборудование

**КНИГА 15.**

15. Перечень механического оборудования

**КНИГА 16.**

16. Перечень электродвигателей

**КНИГА 17.**

17. Планы расположение оборудования.

**КНИГА 18.**

18. Перечень трубопроводов.

**КНИГА 19.**

19. Руководства по эксплуатации.

**Сокращения.**

ТЗ – техническое задание

ТУ – технические условия

ТР – технологический регламент

VL – границы установки (battery limited)

БП – базовый проект

ОЛ – опросные листы на оборудование

DMK – ацетон (диметил кетон)

DAA – диацетоновый спирт

MO – мезитил оксид (окись мезитила)

MIBK – метилизобутилкетон

MIBC – метилизобутилкарбинол

HG – гексиленгликоль

HTM – высокотемпературный теплоноситель

ВД, НД, СД – пар водяной высокого, среднего и низкого давления

VS – коллектор азотного дыхания содержащих ацетон, диацетоновый спирт, окись мезитила, метилизобутил кетон

SS – коллектор сбросов при аварийных ситуациях

DCS – дистанционная система управления технологическим процессом, (АСУ ТП)

ПАЗ – противоаварийная автоматическая защита

ЦПУ PCY – центральный пункт управления распределенной системы управления

PRV – Pentair Pressure Relief Valve, программа расчета ППК, количества сбросов при срабатывании

EF – Environmental Factor, принимается в расчетах ППК по программе Pentair Pressure Relief Valve и зависит от наличия и качества изоляции на оборудовании

Vessel Wall – температура стенки аппарата при пожаре определяется в расчетах по программе Pentair Pressure Relief Valve

Prompt Fire-Fighting Efforts and Adequate. Drainage Exists – принимается в расчетах ППК по программе Pentair Pressure Relief Valve и зависит от наличия аварийного опорожнения, систем пожаротушения, наличия быстродействующих устройств отсечения блоков

Calculate Fire Sizing Factor – расчетная температура открытия ППК исходя из температуры стенки 600°C при пожаре

### **Приложения.**

Приложение 1. Техническое задание.

Приложение 6. PFD схемы процесса.

Приложение 7. PFD схемы процесса с материалами.

Приложение 8. P&ID схемы процесса.

Приложение 9. Материальные потоки, тепловые балансы.

Приложение 10. Список материалов, допускаемых к контакту с мезитилоксидом и метилизобутил кетоном.

Приложении 11. Потребление энергоносителей.

Приложение 14. Опросные листы на технологическое оборудование, **КНИГА 14.**

Приложение 15. Перечень механического оборудования.

Приложение 16. Перечень и характеристики электродвигателей.

Приложение 18. Перечень трубопроводов.

Приложение 19. Список материалов, допускаемых к контакту с ацетоном и диацетоновым спиртом.

Приложение 20. Список материалов, допускаемых к контакту с разбавленной и концентрированной серной кислотой и олеумом.

Приложение 21. Список материалов, допускаемых к контакту с водой процесса в процессах рекуперации ацетона и диацетонового спирта.

## КНИГА 1.

### 1. Основные проектные решения.

#### 1.1 Введение

1.1.1 Согласно ТЗ, производство включает в себя получение товарного диацетонового спирта (DAA), 15.000 т/год.

Используемый процесс должен выполняться на основе технологии, которая не требует лицензирования, так как давно и хорошо изучена, либо может быть заменена репликой, либо использовалась на территории СССР и может быть приведена к современным аналогам.

DAA используется в качестве растворителя:

- целлюлозы и ее производных, как нитратов, так и ацетатов
- ЛКМ всех видов, включая бумагу и текстиль
- искусственного шелка и кожи

В данном проекте DAA является сырьем для синтеза с получением товарного метилизобутил кетона (MIBK) по трехстадийной схеме, п. 1.1.2, а также гексиленгликоля (HG) гидрированием DAA и метилизобутил карбинола (MIBC) гидрированием MIBK. Дегидратацией DAA с получением мезитилена оксида (MO) и его производных, например, с анилином используемые, как антиоксиданты для каучуков. Предусматривается реализация до 30-40% DAA, как товарного продукта.

1.1.2 Трехстадийный процесс производства MIBK определяется реакциями:

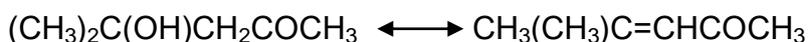
- **получение DAA** альдольной низкотемпературной конденсацией ацетона, в качестве катализатора используются основания щелочных или щелочноземельных металлов. Реакция обратимая, что требует тщательного соблюдения качества сырья и параметров процесса



Побочным продуктом реакции является мезитил оксид (MO), что требует очистки DAA, если он выделяется, как товарный продукт



- **получение MO** дегидратацией DAA, в качестве катализатора используется разбавленная фосфорная или серная кислота

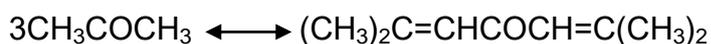


Побочными продуктами реакции являются:

мезитилена, продукт тримеризация ацетона путём альдольной конденсации,



форон, продукт димеризация ацетона путём альдольной конденсации,

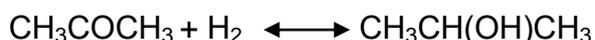


- **получение МІВК** мягким гидрированием МО в паровой фазе с использованием Pd катализатора



Побочными продуктами реакции являются:

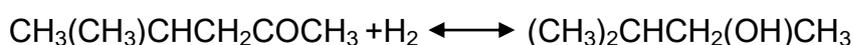
изопропанол, как продукт гидрирования ацетона



МІВС, как продукт гидрирования МІВК



- **получение МІВС** жестким гидрированием МІВК в жидкой фазе с использованием Ni катализатора



**1.1.3** Способ низкотемпературной конденсации ацетона является старейшим процессом для производства МІВК. Большинство заводов в мире, следуют этому маршруту.

## 1.2 Общая информация о проекте.

Основной целью БП для производства DAA, являлась выдача технологических решений и расчетов оборудования для установки непрерывного действия. Основные стадии процесса:

- подготовка сырья и компонентов
- синтез диацетонового спирта альдольной конденсацией ацетона, нейтрализация гомогенного катализатора
- ректификация реакционной смеси, выделение товарного диацетонового спирта
- выделение сульфата натрия

Время работы 8.300 часов. Мощность производства DAA 15.000 т/год. Возможны изменения мощности от 60% до 110%.

Заказчик уведомлен, что синтез DAA может проходить, как на гетерогенном катализаторе – несколько стационарных слоев гидроксидов бария или кальция, так и с гомогенным катализатором – водный раствор натриевой щелочи. Гетерогенный катализатор увеличивает выход побочных продуктов, имеет низкую конверсию за проход, но не требует нейтрализатора, как в случае с гомогенным катализатором. Гомогенный катализатор имеет более высокую конверсию за проход и значительно меньший выход побочных продуктов, но требует удаления сульфата натрия образующегося в процессе нейтрализации, около 3% масс от DAA. В качестве гетерогенного катализатора используются и анионообменные смолы, конверсия за проход достигает 20%, что в 2-2.2 раза выше чем

при использовании гидроксидов бария, кальция или водного раствора едкого натра, выход побочных продуктов сопоставим с гомогенным катализатором. Руководствуясь п. 1.1.1 Исполнитель БП не может гарантировать, что удастся преодолеть патентные ограничения по этой смоле.

Заказчик уведомлен, что система рекуперации ацетона и DAA из воды процесса не входит в состав базового проекта и определяется общей конфигурацией комплекса, п. 1.1.1, но эта секция всегда может быть выполнена в составе установки DAA, без остановки основного производства.

Заказчик уведомлен, что базовый проект выполняется, как технологическая реплика действующего производства **////////// Limited**. Исходная документация обрабатывается грамотными процесс-инженерами, используется инжиниринговый опыт, практики и знания компетентных поставщиков и консультантов для действующих объектов с близкими процессами. Симуляция процесса, в большинстве случаев, выполняется заново, как и опросные листы на оборудование.

**Заказчик имеет полное право провести патентование, но понимает, что процессы получения DAA, MO, MIBK, п. 1.1.2 и 1.1.3 давно и хорошо изучены и вряд ли лицензирование будет представлять коммерческий интерес.**

## **1.2.1 Основные секции и блоки:**

**1.2.1.1 Секция 100.** Хранение сырья, химикатов и готовой продукции.

### **1.2.1.1A Хранение ацетона:**

- хранение свежего ацетона производится в специализированных танк-контейнерах, которые могут являться и временным хранилищем, если устанавливаются на специально оборудованной площадке. Объем хранения в танк-контейнерах **//////** т, (15.000\***//////////** т при 10 суточном запасе, согласно ТЗ. Ацетон из танк-контейнеров перекачивается насосом 100-P-Dmk/A,B в одну из двух буферных емкостей 100-V-104/1,2 объемом 16 м<sup>3</sup> каждая работающих под азотной подушкой с давлением 1.0 бар. Подача ацетона в процесс насосом 100-P-105/A,B.

- хранение рециклового ацетона после колонны 300-C-01 производится в буферном резервуаре 100-T-104A объемом 500 м<sup>3</sup> с азотной подушкой. Суточный объем хранения (15.000\***//////////** т. Дыхание резервуара по коллектору VS на **Секцию 700**. Подача в процесс насосом 100-P-106A,B.

Емкости 100-V-104/1,2 и 100-V-6/1,2 и резервуар 100-T-104A работают при температуре около 30°C.

### **1.2.1.1B Хранение серной кислоты:**

- серная кислота улучшенная с концентрацией не менее 98% масс. Поставляется в специализированных танк-контейнерах, которые могут являться и временным хранилищем, если устанавливаются на специально оборудованной площадке. Объем хранения один 20-футовый контейнер, при 20 дневном запасе, согласно ТЗ. (15.000\*////////// т.

При хранении концентрированной серной кислоты контакт с воздухом исключается наличием затворов или преградителей установленных на емкости 100-V-108/1,2.

- приготовление разбавленной серной кислоты производится в емкостях 100-V-108/1,2 объемом 6.4 м<sup>3</sup> каждая, из расчета ////////// концентрации и суточном запасе, как и заявлено в ТЗ, (15.000\*////////// т. Разбавление производится рекуперированной водой после Секции 700 и деминерализованной водой на восполнение баланса. Подача в процесс насосом 100-P-108А,В.

#### 1.2.1.1С Хранение едкого натра:

- сухой едкий натр поставляется в мешках по 25 или 40 кг на паллетах на склад хранения. Объем хранения 16 тонн, при 20 суточном запасе, согласно ТЗ. (15.000\*////////// т.

Приготовление //////////% раствора производится в емкостях 100-V-15/1.2 объемом 100 м<sup>3</sup> каждая, при суточном запасе хранения, как заявлено в ТЗ, (15.000\*////////// т. Разбавление производится рекуперированной водой после Секции 700 и деминерализованной водой на восполнение баланса. Подача в процесс насосом 100-P-15А,В.

#### 1.2.1.1D Хранение товарного DAA:

- хранение товарного DAA производится в емкостях 100-V-31,32,33 объемом ////////// м<sup>3</sup> каждая, в соответствии с ТЗ для 10 суточного хранения, (15.000\*////////// т. Хранение под азотной подушкой, 0,5 бар. Дыхание через конденсатор 100-E-Dak/31,32, входящий в состав ацетонового контура охлаждения, минус 6°C. Сконденсированные пары сливаются одну из емкостей. Отгрузка товарного DAA насосом 100-P-31А,В.

#### 1.2.1.1F Хранение воды обессоленной, деминерализованной и рекуперированной:

- вода обессоленная хранится в емкости 100-V-110 объемом ////////// м<sup>3</sup> (двухсуточный объем хранения) (15.000\*////////// м<sup>3</sup>. Подается в общий циркуляционный контур обессоленной воды 100-T-110 – 100-P-110А,В – 100-T-110 насосом 100-P-110А,В. Давление в циркуляционном коллекторе 3-4 бар.

- вода деминерализованная хранится в емкости 100-V-120 объемом ////////// м<sup>3</sup> (двухсуточный объем хранения) (15.000\*////////// м<sup>3</sup>. Подается в общий циркуляционный контур деминерализованной воды 100-T-120 – 100-P-121А,В – 100-T-120 насосом 100-P-121А,В. Давление в циркуляционном контуре 3-4 бар.

Производство обессоленной и деминерализованной воды 100-DW-100/1,2.

- рекуперированная вода после очистки от ацетона и DAA, а также иных органических и механических примесей возвращается в процесс для приготовления растворов серной кислоты и едкого натра. Хранение рекуперированной воды в емкостях 100-V-130/1,2 объемом  $15.000 \text{ м}^3$  (двухсуточный объем хранения)  $15.000 \text{ м}^3$ . Подача в общий циркуляционный контур рекуперированной воды 100-V-130/1,2 – 100-P-131A,B – 100-V-130/1,2 насосом 100-P-131A,B. Давление в циркуляционном контуре рекуперированной воды 3-4 бар.

### 1.2.1.1G Разделение суспензии DAA и сульфата натрия. Хранение сухого сульфата натрия:

- суспензия сульфата натрия  $15\%$  в DAA подается на фильтр-пресс 100-FP-100/1,2

- сульфат натрия после фильтр-пресса отправляется на сушку горячим азотом. для удаления следов DAA. Получаемый сульфат натрия имеет чистоту 99,5% масс при содержании влаги не более 0.5% масс.

- сульфат натрия после сушки ссыпается в охладитель и обеспыливатель и после них пневмотранспортом подается в бункер хранения 100-V-81 объемом  $10 \text{ м}^3$  для 10 суточного объема хранения согласно ТЗ.

Условия хранения регламентируются правилами Республики  $15\%$  и выполняются проектировщиком страны строительства.

**1.2.1.2 Секция 200.** Синтез DAA конденсацией ацетона.

**1.2.1.3 Секция 300.** Ректификация реакционной смеси, отгонка рециклового ацетона, выделение товарного диацетонового спирта.

**1.2.1.4 Объекты ОЗХ** включают в себя:

- компримирование воздуха технического, осушку воздуха КиП, производство азота технического

- производство водяного пара СД, НД

- градирни и водооборот

- вода захлажденная  $+5^\circ\text{C}$ , а также имеется собственный контур

- ацетоновый контура охлаждения, минус  $6^\circ\text{C}$

- производство обессоленной и деминерализованной воды

- система горячего теплоносителя НТМ ( $250-270^\circ\text{C}$ ). используется на установке по производству водорода и на секции МВК.

- производство водорода, каталитическим разложением метанола

- система рекуперации ацетона и DAA из водных растворов (не входит в состав базового проекта и определяется конфигурацией общего комплекса, **Секция 700**).

- очистные сооружения, нейтрализация абгазов и кислых стоков

Согласно ТЗ, объекты ОЗХ не входят в состав БП, но является составной частью общего комплекса, п. 1.1.1. Все исходные данные для расчета, касающиеся ДАА выдаются базовым проектировщиком.

1.2.2 Основным оборудованием в границах проектирования является:

**1.2.2.1 Секция 200.** Синтез диацетонового спирта альдольной конденсацией ацетона, нейтрализация гомогенного катализатора.

**Реактор 200-R-01** альдольной конденсации ацетона.

**Емкость 200-V-251** захлажденной воды +5°C для контура **200-R-01**.

**Холодильная машина 200-XF-251A,B** для контура **200-R-01**.

**Ацетоновый холодильник 200-E-12/1,2** для контура **200-R-01**.

**Холодильник** захлажденной воды **200-E-01** на подаче свежего ацетона в реактор **200-R-01**.

**Холодильник** захлажденной воды **200-E-02/1,2,3** на подаче гомогенного катализатора в реактор **200-R-01**.

**Холодильник** захлажденной воды **200-E-03/1,2,3** на подаче рециклового ацетона в реактор **200-R-01**.

**Нейтрализатор 200-R-02** реакционной смеси

**Емкость 200-V-252** захлажденной воды +5°C для контура **200-R-02**.

**Холодильная машина 200-XF-252A,B** для контура **200-R-02**.

**Ацетоновый холодильник 200-E-13/1,2** для контура **200-R-02**.

**Холодильник** захлажденной воды **200-E-04** на подаче разбавленной серной кислоты в нейтрализатор **200-R-02**.

**1.2.2.2 Секция 300.** Ректификация реакционной смеси, отгонка рециклового ацетона, выделение товарного диацетонового спирта.

**Колонна 300-C-01** для отгонки ацетона от реакционной массы после нейтрализации.

**Паровой подогреватель 300-E-01** реакционной смеси после нейтрализации в колонну **300-C-01**.

**Водяной конденсатор 300-E-02/1,2** конденсация паров колонны **300-C-01**.

**Емкость 300-V-01** флегмы колонны **300-C-01**.

**Холодильник** оборотной воды **300-E-03/1,2** на подаче рециклового ацетона в буферный резервуар 100-T-104A.

**Ацетоновый холодильник 300-E-04** для контура **300-C-01**.

**Кипятильник 300-E-05** куба колонны **300-C-01**.

**Колонна 300-C-02** для отгонки воды от DAA.

**Водяной конденсатор 300-E-12/1,2** конденсация паров колонны **300-C-02**.

**Емкость 300-V-12** флегмы колонны **300-C-02**.

**Холодильник** оборотной воды **300-E-13/1,2** на откачке воды процесса для рекуперации ацетона и DAA, **Секция 700**.

**Конденсатор** захлажденной воды **300-E-14** для контура **300-C-02**.

**Кипятильник 300-E-15** куба колонны **300-C-02**.

Функциональное назначение аппаратов в сокращенном виде представлено, **КНИГА 2**, а также при описании технологического процесса, **КНИГА 5**. Опросные листы на оборудование представлены, **КНИГА 14**.

### **1.3 Общие требования к проектированию**

**1.3.1** Все расчеты будут выполнены на эффективное рабочее время **8.300 часов/год**. Вся установка и все оборудование будет спроектировано, таким образом, чтобы количество непредвиденных остановок было минимизировано. Время полной остановки для ремонтов ограничивается 15 дней в году. Чистка оборудования, работающего с резервом проводится без остановки параллельно работающим линиям.

**1.3.2** Запас мощности 10% при проектировании оборудования рассчитывается от мощностей указанных, **п. 1.1.1** согласно ТЗ.

**1.3.3** Расчетное давление для оборудования работающего с давлением до 17.5 бар, устанавливается, как минимум на 10% выше максимального рабочего давления.

**1.3.4** Расчетное давление для оборудования работающего с давлением выше 17.5 бар, устанавливается, как минимум на 10% выше максимального рабочего давления.

**1.3.5** Расчетное давление для оборудования работающего под атмосферным давлением, устанавливается, не менее 3 бар.

**1.3.6** Расчетная температура для оборудования устанавливается, как минимум на 20°C максимальной рабочей температуры, но не менее для оборудования работающего при температуре окружающего воздуха.

Параметры по **п.1.3.3-1.3.6** подлежат корректировке по нормам и правилам страны строительства в документации стадии «Проект».

**1.3.7** Базовое проектирование основывается на стандартах, указанных по **п. 1.7** с последующими корректировками для страны строительства.

**1.3.8** Прием и хранение ацетона и DAA в танк-контейнерах регламентируются в полном соответствии с **Приложением 19**.

**1.3.9** Материалы допускаемые к контакту с разбавленной, концентрированной серной кислотой и олеумом (емкости хранения, трубы и фитинги, насосное оборудование, прокладки, шланги, крепеж, уплотнители для трубной резьбы, термогильзы) используются в полном соответствии с **Приложением 20**.

**1.3.10** Условия хранения сырья и готовой продукции регламентируются правилами Республики  и выполняются проектировщиком страны строительства

**1.3.11** Материалы допускаемые к контакту с МО и МВК (емкости хранения, трубы и фитинги, насосное оборудование, прокладки, шланги, крепеж, уплотнители для трубной резьбы, термогильзы) используются в полном соответствии с **Приложением 10**.

**Внимание!** Все положения БП касающиеся пероксидов образующихся в процессе автоокисления МВК подлежат корректировке в документации стадии «Проект» выполняемой в стране строительства. Все отклонения от технологических решений должны быть согласованы с исполнителем БП, если эти отклонения влекут за собой изменения в технологических параметрах или снижают безопасность процесса.

**1.3.12** Компонровка оборудования должна отвечать требованиям безопасности, удобству обслуживания при эксплуатации и ремонтах, минимально разумной длине трубопроводов и кабельных трасс.

**1.3.13** Все основное динамическое оборудование предусматривается с резервом.

**1.3.14** Для холодильников с использованием оборотной или захоложенной воды, а также рассолов используется байпасирование, что позволяет выводить оборудование в ремонт без остановки процесса.

**1.3.15** Для динамического оборудования используются только электродвигатели, применение паровых турбин не рассматривается.

**1.3.16** Толщина изоляции для оборудования указывается в опросных листах, в **КНИГАХ 14,15**. Для трубопроводов, **КНИГА 18** изоляция указывается только на наличие или отсутствие.

**1.3.17** Уточненные расчеты толщины изоляции для оборудования и полные расчеты для трубопроводов выполняются на стадии «Рабочая документация» выполняемой в стране строительства.

**1.3.18** Для управления технологическим процессом будет применена дистанционная система управления DCS.

**1.3.19** Окончательный механический расчет оборудования в соответствие с требованиями процесса указанные в документации базового проектирования входят в ответственность поставщика оборудования.

**1.3.20** Все емкости под давлением должны быть изготовлены в соответствии со стандартом EN 13445 или нормой ASME. Все емкости, работающие под атмосферным давлением или под давлением до 1 бар должны быть изготовлены в соответствии с API 650. Указанные стандарты приведены в п. 1.7. Изготовитель оборудования и проектировщик выполняющий стадию «Рабочая документация» руководствуется нормами страны строительства.

**1.3.21** Все оборудование, которое указывается в материальном исполнении из графита, сталей Hastelloy, Incoloy, титана, а также с использованием эмалевых покрытий должно изготавливаться квалифицированным производителем имеющим соответствующие сертификаты.

**1.3.21A** Все оборудование имеющее контакт с мезитилоксидом и метилизобутил кетоном, ацетоном и диацетоновым спиртом в материальном исполнении должно соответствовать, **Приложение 10, 19.**

**1.3.21B** Все оборудование имеющее контакт с серной кислотой в материальном исполнении должно соответствовать, **Приложение 20.**

**1.3.21C** Все оборудование имеющее контакт с водой процесса в процессах рекуперации ацетона и диацетонового спирта в материальном исполнении должно соответствовать, **Приложение 21.**

**1.3.22** Материал тарелок или насадки для колонного оборудования, указанный в базовом проекте, должен соблюдаться разработчиком внутренних устройств.

**1.3.23** Материал внутренних устройств реакторного и емкостного оборудования, указанный в базовом проекте, должен соблюдаться разработчиком внутренних устройств.

**1.3.24** Все материалы для оборудования указаны в технологических опросных листах, **КНИГА 14** и обобщены в **КНИГЕ 15**, а также в **КНИГЕ 7** на диаграмме материалов (PFD схема с указанием материала оборудования). Указанные материалы должны использоваться изготовителем оборудования и проектировщиком детального инжиниринга в качестве справочника для определения окончательной спецификации материалов.

Определение итоговых марок материала входят в ответственность проектировщика детального инжиниринга и поставщика оборудования. Все отклонения, по выбору материала, от технологических опросных листов **КНИГА 14** должны быть согласованы с исполнителем БП, если эти отклонения влекут за собой изменения в технологических параметрах или снижают безопасность процесса.

**1.3.25** Итоговые тепло-гидравлические расчеты для теплообменников, колонн, реакторов указаны в технологических опросных листах, **КНИГА 14** и обобщены в **КНИГЕ 15**. Указанные расчеты должны использоваться изготовителем теплообменников, АВО, ко-

лонн и реакторов, а также проектировщиком детального инжиниринга в качестве справочника для определения окончательной нормализации оборудования.

Детальные тепло-гидравлические расчеты для теплообменников, колонн и реакторов используемый для нормализации входят в ответственность изготовителя оборудования. Все отклонения, по тепло-гидравлическим расчетам, от технологических опросных листов, **КНИГА 14** должны быть согласованы с исполнителем БП, если эти отклонения влекут за собой изменения в технологических параметрах или снижают безопасность процесса.

**1.3.26** Диаметры штуцеров под приборы КиП, а также их расположение на оборудовании в технологических опросных листах, **КНИГА 14** показываются в номинальных размерах, так как в конечном итоге определяются: типом приборов КиП, требованиями по расположению внутренних устройства в аппарате.

**1.3.27** Перечень сигнализация и блокировок для объектов, входящих в базовый проект составляется на стадии «Проект» выполняемом в стране строительства. Основой для перечня сигнализаций и блокировок является:

- основные принципы регулирования технологическим процессом, **КНИГА 4**
- описание технологического процесса, **КНИГА 5**
- P&ID схема процесса, **КНИГА 8**.

Все без исключения отклонения от сигнализаций и блокировок, указанных в **КНИГАХ 4, 5 и 8** должны быть согласованы с исполнителем БП.

**1.3.28** Трубопроводы и детали трубопроводов. В объем БП не входят следующие пункты, которые выполняются на стадии «Проект» в стране строительства.

- расчет сбросов на факел (или выполняются опционально)
- расчет предохранительных клапанов (или выполняются опционально)
- спецификация предохранительных клапанов
- выбор типа теплоносителя для обогрева трубопроводов
- расстановка и тип отсекаателей используемые для разделения на аварийные блоки в соответствии с нормами и правилами страны строительства (отсекающие клапана, которые используются по технологическому алгоритму и для минимизации рисков показываются в БП на PID схемах)

В объем сокращенного БП не входят следующие пункты, которые выполняются на стадии «Рабочая документация» в стране строительства.

- изометрические чертежи трубопроводов, расположение воздушников и дренажей
- расчет термического расширения и напряжения
- спецификация материалов трубопроводов, запорной арматуры и. т.д.

- спецификации приборов КиП
- соединительных элементов приборов КиП: бобышки, термокарманы и т.д.
- линии воздуха КиП к приборам, топливо на горелки, вода охлаждающая на пробоотборники и т.д.

**1.3.29** Утилизация всех без исключения абгазов в санитарных колоннах, система рекуперации для извлечения МІВК из водных растворов, система рекуперации для извлечения ацетона из водных растворов не входит в состав БП, либо определяются дополнительным соглашением.

**1.3.30** Утилизация твердых отходов (чистка фильтров, шламы, смолистые вещества и т.д.) не входит в состав БП. Эти отходы указываются в таблице по количеству, по месту образования и по рекомендуемому способу утилизации.

**1.3.31** Утилизация жидких отходов не входит в состав БП. Эти отходы указываются в таблице по количеству, по месту образования с пометкой «на очистные сооружения».

#### **1.4 Энергоресурсы:**

- компримирование воздуха технического, осушку воздуха КиП, производство азота технического

- производство водяного пара СД, НД

- градирни и водооборот

- вода захолаженная +5°C, а также имеется собственный контур

- ацетоновый контура охлаждения, минус 6°C

- производство обессоленной и деминерализованной воды

- система горячего теплоносителя НТМ (250-270°C). используется на установке по производству водорода и на секции МІВК.

- производство водорода, каталитическим разложением метанола

- система рекуперации ацетона и DAA из водных растворов (не входит в состав базового проекта и определяется конфигурацией общего комплекса, **Секция 700**).

- очистные сооружения, нейтрализация абгазов и кислых стоков

Согласно ТЗ, объекты ОЗХ не входят в состав БП, но является составной частью общего комплекса, п. 1.1.1. Все исходные данные для расчета, касающиеся DAA выдаются базовым проектировщиком.

#### **1.5 Аварийные сбросы.**

Сбросы при срабатывании ППК, направляются на факел по коллектору SS.

Азотное дыхание со следами ацетона, DAA, MO, MIBK по коллектору VS направляется на рекуперацию, **Секция 700**. После выделения указанных углеводородов инерты сбрасываются на факел или в атмосферу, в зависимости от степени очистки.

Расчет ППК производился по программе PRV. Программа постоянно обновляется. При расчетах принимались следующие поправки и ограничения:

- EF изменяется от 1.0 до 0.3 и зависит от типа и надежности крепления изоляции. Максимальное значение 1.0 принимается для оборудования без изоляции. Для оборудования по данному проекту принята изоляция обычного типа EF = 0.6

- Prompt Fire-Fighting Efforts and Adequate. Drainage Exists для жидких продуктов. Фактор принимается, как надежный, если имеется аварийное опорожнение, автоматическое пожаротушение, разработаны мероприятия по ликвидации аварийной ситуации. Фактор принимался, как достоверно компенсируемый проектными решениями по аварийному освобождению.

- Prompt Fire-Fighting Efforts and Adequate. Drainage Exists для газовых продуктов. Фактор принимается, как надежный, если имеется изоляция, автоматическое пожаротушение, разработаны мероприятия по ликвидации аварийной ситуации.

- Calculate Fire Sizing Factor температура открытия ППК рассчитывалась исходя из температуры стенки сосуда при пожаре 600°C

Принципиальная **Схема 1** сбросов в коллектор:

**Схема 1.**

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

## 1.6 Климатические условия.

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

**1.7 Стандарты и нормы. Единицы измерения.** (Стандарты уточняются по процессам, приводятся к нормам и правилам страны строительства).

№	Оборудование/Системы	Стандарт
1	Сосуды, работающие под давлением	Международные стандарты: AD2000 / EN 13445, ASME, а также: Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением" и Технический регламент Таможенного Союза "О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением" (ТР ТС 032/2013).
2	Кожухотрубчатые тепло-	Международные стандарты: AD2000 / EN 13445, ASME, а

№	Оборудование/Системы	Стандарт
	обменные аппараты	также: Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением"
3	Материалы	Международные стандарты: ASME или EN, а также: СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений; СП 16.13330.2017 Стальные конструкции; СП 53-102-2004; СНиП 3.03.01-87; СП 24.13330.2011
4	Трубопроводы	Международные стандарты: ASME или EN, а также: Руководство по безопасности "Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов"
5	Электрические системы	Международные стандарты: CEI/EC, VDE/IEC, ISO, а также: Правила устройства электроустановок 6 и 7 издание.
6	КИП	ISA (MAC)/IEC/ATEX, <b>ГОСТ 21.408-2013, ГОСТ 21.208-2013.</b>
7	Механическое оборудование	API или стандарт изготовителя, ISO 2858, ISO 5199
8	Изоляция	СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов
9	Уровень шума	Руководство МФК по охране окружающей среды, Здоровья и труда (IFC EHS Guidelines), а также: СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки; СП 51.13330.2011 Защита от шума. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности - ИУС 9-2015
10	Безопасность	Директивы ЕС 94/9/ЕС (ATEX), а также: - Федеральный закон 116-ФЗ О промышленной безопасности опасных производственных объектов; - Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности нефтегазоперерабатывающих производств"; - Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств" - Федеральный закон 69-ФЗ О пожарной безопасности; - Федеральный закон 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности; - СП 155.13130.2014 Склады нефти и нефтепродуктов. Тре-

№	Оборудование/Системы	Стандарт
		<p>бования пожарной безопасности;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- НПБ 110-03 Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией;</li> <li>- НПБ 88-2001 Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования;</li> <li>- Федеральный закон 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности;</li> <li>- СП 2.2.1.1312-03 Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий;</li> <li>- СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту</li> <li>- СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования;</li> <li>- СП 6.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности;</li> <li>- СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности;</li> <li>- СП 43.13330.2012 Сооружения промышленных предприятий;</li> <li>- СП 56.13330.2011. Производственные здания.</li> </ul>
11	Единицы измерения	Международная система единиц (СИ)

## **КНИГА 2.**

### **2. Принципиальное описание процесса. VFD схема и границы проектирования. Используемое сырье.**

#### **2.1 Принципиальные положения технологического процесса.**

Целью данной главы является согласование всех принципиальных аспектов, которые необходимы для единого понимания технологического процесса Заказчиком и Исполнителем. Исключение разногласий в границах проектирования, а также двойственной трактовки **Раздела 1.2.** Понимание, что работа с ацетоном, DAA, щелочами и кислотами имеет ряд специфических особенностей, в том числе, возможность образования пероксидов и требует квалифицированного и обученного персонала, а затраты на меры безопасности могут быть сопоставимыми с затратами на оборудование.

Основные технологические положения, которые не могут быть изменены в последующем:

- работа установки будет производиться с использованием гомогенного катализатора – раствор натриевой щелочи в ацетоне

- качество получаемого DAA полностью определяется качеством ацетона: альдегиды или кислоты не более 0.001-0.002% масс, содержание воды не более 0.3-0.5% масс. При работе с гомогенным катализатором содержание воды не является актуальным, так как процесс ведется в водном растворе едкого натра, но концентрация альдегидов и кетонов и воды пропорциональны между собой, поэтому нормируются оба компонента

- ацетон и DAA после извлечения из воды процесса, рекуперированы и возвращаются в технологический цикл

#### **2.2 Используемое сырье, получаемые полуфабрикаты и готовая продукция**

В данной главе указано сырье, вспомогательные материалы и готовая продукция, которые использовались в моделировании материальных и тепловых потоков. Полные спецификации представлены в **КНИГЕ 3.**

##### **2.2.1 Сырье и вспомогательные материалы**

- ацетон технический, н/м 99,75% масс

##### **2.2.2 Вспомогательные материалы**

- серная кислота улучшенная, н/м 98% масс
- натр едкий чешуированный, н/м 99.5% масс

##### **2.2.3 Готовая продукция**

- диацетоновый спирт, н/м 98.5% масс
- сульфат натрия технический, н/м 99.5% масс.

### 2.3 Принципиальное описание процесса по секциям.

Принципиальное описание составлено для получения ДАА, как первого этапа в трехстадийного процесса синтеза МІВК. Описание, **КНИГА 2** предназначено для общего понимания процесса и обоснования границ проектирования и никак не подменяет собой **КНИГУ 5**.

#### 2.3.1 Секция 100. Хранение сырья, химикатов и готовой продукции.

##### 2.3.1.1А Хранение ацетона:

- хранение свежего ацетона производится в специализированных танк-контейнерах, которые могут являться и временным хранилищем, если устанавливаются на специально оборудованной площадке. Объем хранения в танк-контейнерах **//////// т**, при 10 суточном запасе, согласно ТЗ. Ацетон из танк-контейнеров перекачивается насосом 100-Р-Дmk/A,B в одну из двух буферных емкостей 100-V-104/1,2 объемом 16 м<sup>3</sup> каждая работающих под азотной подушкой с давлением 1.0 бар. Дыхание 100-V-104/1,2 через конденсатор 100-Е-Дmk/1,2, входящий в состав ацетонового контура охлаждения, минус 6°С, сконденсировавшиеся пары ацетона сливаются в эти же емкости. Подача ацетона в процесс насосом 100-Р-105/A,B.

Ацетон после рекуперации, **Секция 700** из емкостей 100-V-6/1,2 объемом 10 м<sup>3</sup> каждая, при положительном анализе, перекачивается насосом 100-Р-6/A,B в одну из буферных емкостей, 100-V-104/1,2. Емкости 100-V-6/1,2 работают под азотной подушкой с давлением 1.0 бар. Дыхание через конденсатор 100-Е-Дmk/3,4, входящий в состав ацетонового контура охлаждения, минус 6°С, по коллектору VS на **Секцию 700**.

- хранение рециклового ацетона после колонны 300-С-01 производится в буферном резервуаре 100-Т-104А объемом **///// м<sup>3</sup>** с азотной подушкой. Дыхание резервуара по коллектору VS на **Секцию 700**. Подача в процесс насосом 100-Р-106А,B

Емкости 100-V-104/1,2 и 100-V-6/1,2 и резервуар 100-Т-104А работают при температуре около 30°С.

##### 2.3.1.1В Хранение серной кислоты:

- серная кислота улучшенная с концентрацией не менее 98% масс. Поставляется в специализированных танк-контейнерах, которые могут являться и временным хранилищем, если устанавливаются на специально оборудованной площадке. Объем хранения один 20-футовый контейнер, при 20 дневном запасе, согласно ТЗ.

При хранении концентрированной серной кислоты контакт с воздухом исключается наличием затворов или преградителей установленных на емкости 100-V-108/1,2.

- приготовление разбавленной серной кислоты производится в емкостях 100-V-108/1,2 объемом 6.4 м<sup>3</sup> каждая, из расчета **//// концентрации** и суточном запасе, как и заявлено в ТЗ. Разбавление производится рекуперированной водой после **Секции 700** и деминерализованной водой на восполнение баланса. Подача в процесс насосом 100-P-108A,B.

#### **2.3.1.1C Хранение едкого натра:**

- сухой едкий натр поставляется в мешках по 25 или 40 кг на паллетах на склад хранения. Объем хранения 16 тонн, при 20 суточном запасе, согласно ТЗ. Приготовление **////%** раствора производится в емкостях 100-V-15/1.2 объемом 100 м<sup>3</sup> каждая, при суточном запасе хранения, как заявлено в ТЗ. Разбавление производится рекуперированной водой после **Секции 700** и деминерализованной водой на восполнение баланса. Подача в процесс насосом 100-P-15A,B.

#### **2.3.1.1D Хранение товарного DAA:**

- хранение товарного DAA производится в емкостях 100-V-31,32,33 объемом **//// м<sup>3</sup>** **каждая**. Объем емкостей в соответствии с ТЗ для 10 суточного хранения. Хранение под азотной подушкой, 0,5 бар. Дыхание через конденсатор 100-E-Dak/31,32,33 входящие в состав ацетонового контура охлаждения, минус 6°C. Сконденсировавшиеся пары сливаются в эти же емкости. Отгрузка товарного DAA насосом 100-P-31A,B

DAA после рекуперации, **Секция 700** из емкостей 100-V-7/1,2 объемом 10 м<sup>3</sup> каждая, при положительном анализе, перекачивается насосом 100-P-7/A,B в одну из буферных емкостей, 100-V-31,32,33. Емкости 100-V-7/1,2 работают под азотной подушкой с давлением 0.5 бар. Дыхание через конденсатор 100-E-Dmk/5,6, входящий в состав ацетонового контура охлаждения, минус 6°C, по коллектору VS на **Секцию 700**.

#### **2.3.1.1F Хранение воды обессоленной, деминерализованной и рекуперированной:**

- вода обессоленная хранится в емкости 100-V-110 объемом **//// м<sup>3</sup>** (двухсуточный объем хранения). Подается в общий циркуляционный контур обессоленной воды 100-T-110 – 100-P-110A,B – 100-T-110 насосом 100-P-110A,B. Давление в циркуляционном коллекторе 3-4 бар.

- вода деминерализованная хранится в емкости 100-V-120 объемом **//// м<sup>3</sup>** (двухсуточный объем хранения). Подается в общий циркуляционный контур деминерализованной воды 100-T-120 – 100-P-121A,B – 100-T-120 насосом 100-P-121A,B. Давление в циркуляционном контуре 3-4 бар.

Производство обессоленной и деминерализованной воды 100-DW-100/1,2.

- рекуперированная вода после очистки от ацетона и DAA, а также иных органических и механических примесей возвращается в процесс для приготовления растворов серной кислоты и едкого натра. Хранение рекуперированной воды в емкостях 100-V-130/1,2 объемом  $////// \text{ м}^3$  (двухсуточный объем хранения). Подача в общий циркуляционный контур рекуперированной воды 100-V-130/1,2 – 100-P-131A,B – 100-V-130/1,2 насосом 100-P-131A,B. Давление в циркуляционном контуре рекуперированной воды 3-4 бар.

### 2.3.1.1G Разделение суспензии DAA и сульфата натрия. Хранение сухого сульфата натрия:

- суспензия сульфата натрия  $//////\%$  в DAA подается на фильтр-пресс 100-FP-100/1,2  
 - фильтрат представляющий собой 99,4% DAA, в количестве до 7,5 т/сут сливается в буферную емкость 100-V-141 объемом  $25 \text{ м}^3$  работающей под азотной подушкой с давлением 0.5 бар. Дыхание 100-V-141 по коллектору VS на Секцию 700. Откачка насосом 100-P-141A,B в емкости товарного DAA 100-V-31,32,33 по уровню в 100-V-141.

- сульфат натрия после фильтр-пресса отправляется на сушку для удаления следов DAA. Сушка производится горячим азотом с замкнутым циркуляционным контуром для его очистки. Получаемый сульфат натрия имеет чистоту 99,5% масс при содержании влаги не более 0.5% масс.

- сульфат натрия после сушки ссыпается в охладитель и обеспыливатель и после них пневмотранспортом подается в бункер хранения 100-V-81 объемом  $////// \text{ м}^3$  для 10 суточного объема хранения согласно ТЗ.

**2.3.2 Секция 200.** Синтез диацетонового спирта альдольной конденсацией ацетона, нейтрализация гомогенного катализатора.

**2.3.2.1** Реактор 200-R-01 альдольной конденсации ацетона с использованием гомогенного катализатора,  $//////\%$  водный раствор едкого натра, представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат из нержавеющей стали, объемом  $////// \text{ м}^3$ . Диаметр  $////// \text{ м}$ , высота цилиндрической части  $////// \text{ м}$ , общая высота  $////// \text{ м}$ . Параметры даны для реактора  $//////$ .

**2.3.2.2** Реактор оборудован  $//////$  мешалкой якорного типа, частота вращения  $//////$  об/мин, диаметр лопастей 0.89 м. Мощность ЭД  $//////$  кВт.

**2.3.2.3** Реактор оборудован змеевиком для охлаждения реакционной массы. Змеевик имеет  $//////$  витков, общая высота змеевика  $////// \text{ м}$ , расстояние между витками змеевика  $////// \text{ см}$ . Общая поверхность теплопередачи змеевика  $////// \text{ м}^2$ .

**2.3.2.4** В верхней части реактора расположены штуцера для подачи:

- ацетона свежего с опуском до нижней образующей реактора

- ацетона рециклового с опуском до нижней образующей реактора
- катализатора **//////////% водный** раствор едкого натра с опуском до нижней образующей реактора
- азота и выхода паров

В нижней части реактора, штуцер для выхода реакционной массы.

**2.3.2.5** Реактор имеет собственный контур циркуляции захлажденной воды +5°C. Циркуляция от насоса 200-P-251/1,2 из емкости 200-V-251, подача в емкость от холодильной машины 200-XF-251A,B. Температура +5-7°C в емкости 200-V-251 регулируется работой холодильной машины.

**2.3.2.6** Регулирование температуры при охлаждении реакционной смеси производится регулирующим клапаном 200-TV-01/1X на линии обратной захлажденной воды в рубашку, работа регулирующего клапана по приборам 200-TIC-01/1,2,3 установленным по окружности на 1/2 высоты реактора.

**2.3.2.7** Давление в реакторе поддерживается подачей азота через клапанную сборку, клапан 200-PV-01/1 работает на подаче азота в реактор, а клапана 200-PV-01A установлен на сбросе азота и паров на конденсатор 200-E-12/1,2 охлаждаемый ацетоном минус 6°C от общего (для всего комплекса) контура охлаждения. Сконденсировавшийся ацетон сливается в реактор.

**2.3.2.8** Не сконденсировавшиеся абгазы после 200-E-12/1,2 (в основном азот) по коллектору VS отправляются на **Секцию 700**.

**2.3.2.9** Ацетон (свежий) из емкостей хранения 100-V-104/1,2 насосом 100-P-105A,B через фильтр 100-F-51/1,2 (рабочий и резервный) подается в реактор 200-R-01 по расходу с коррекцией по уровню в реакторе. Расход ацетона является базовым параметром относительно которого корректируются подачи гомогенного катализатора и рециклового ацетона. Подача ацетона (свежего) через холодильник 200-E-01 охлаждаемый захлажденной водой, температура ацетона подаваемого в реактор **////////°C**, регулирование клапаном на линии обратной захлажденной воды.

**2.3.2.10** Гомогенный катализатор, **////////% водный** раствор натриевой щелочи из емкостей хранения 100-V-15/1.2 насосом 100-P-15A,B через фильтр 100-F-52/1,2 (рабочий и резервный) подается в реактор 200-R-01 по расходу с коррекцией расходу свежего ацетона и уровню в реакторе. Подача гомогенного катализатора через холодильник 200-E-02/1,2,3 охлаждаемый захлажденной водой, температура раствора натриевой щелочи подаваемого в реактор **//////////°C**, регулирование клапанами на линиях обратной захлажденной воды после каждого холодильника.

**2.3.2.11** Ацетон (рецикловый) подается из буферного резервуара 100-T-104А насосом 100-P-106А,В через фильтр 100-F-53/1,2 (рабочий и резервный) подается в реактор 200-R-01 по расходу с коррекцией расхода свежего ацетона и уровню в реакторе. Подача рециклового ацетона через холодильник 200-E-03/1,2,3 охлаждаемый заоложенной водой +5°C, температура рециклового ацетона подаваемого в реактор **//////°C**, регулирование клапанами на линиях обратной заоложенной воды после каждого холодильника.

**2.3.2.12** Температура в реакторе 200-R-01 поддерживается **//////°C**, п. **2.3.2.5** и **2.3.2.6**. Давление в реакторе 200-R-01 поддерживается **//////** бар, п.**2.3.2.7**. Время пребывания реакционной массы **//////// мин.**

**2.3.2.13** Режим работы 200-R-01:

- температура в реакторе **//////°C**
- давление **//////// бар**
- время пребывания реакционной смеси **//////// минут**
- соотношение рециклового и свежего ацетона **//////////**
- соотношение гомогенного катализатора и свежего ацетона **//////**
- концентрация едкого натра в водном растворе **////////%**

**2.3.2.14** Откачка реакционной массы из реактора в нейтрализатор 200-R-02 насосом 200-P-01А,В по уровню в реакторе с коррекцией по уровню нейтрализаторе.

**2.3.2.15** Нейтрализатор 200-R-02 реакционной смеси, представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат из **нержавеющей стали, объемом // м<sup>3</sup>. Диаметр // м, высота цилиндрической части // м, общая высота // м. Параметры даны для нейтрализатора //**

**2.3.2.16** Нейтрализатор оборудован **////////** мешалкой якорного типа, частота вращения **//////** об/мин, диаметр лопастей **//////** м. Мощность ЭД **//////** кВт.

**2.3.2.17** Нейтрализатор оборудован змеевиком для охлаждения реакционной массы. Змеевик имеет **//////** витков, общая высота змеевика **//////** м, расстояние между витками змеевика **//////** см. Общая поверхность теплопередачи змеевика **////////** м<sup>2</sup>.

**2.3.2.18** В верхней части нейтрализатора расположены штуцера для подачи:

- реакционной массы после реактора 200-R-02 с опусом до нижней образующей
- водный раствор **////////%** серной кислоты с опуском до нижней образующей
- азота и выхода паров

В нижней части реактора, штуцер для выхода реакционной массы.

**2.3.2.19** Нейтрализатор имеет собственный контур циркуляции заоложенной воды +5°C. Циркуляция от насоса 200-P-252/1,2 из емкости 200-V-252, подача в емкость от

холодильной машины 200-XF-252A,B. Температура +5-7°C в емкости 200-V-252 регулируется работой холодильной машины.

**2.3.2.20** Регулирование температуры при нейтрализации производится регулирующим клапаном 200-TV-02/1X на линии обратной заоложенной воды в рубашку, работа регулирующего клапана по приборам 200-TIC-02/1,2,3 установленным по окружности на 1/2 высоты реактора.

**2.3.2.21** Давление в нейтрализаторе поддерживается подачей азота через клапанную сборку, клапан 200-PV-02/1 работает на подаче азота в нейтрализатор, а клапана 200-PV-01A установлен на сбросе азота и паров на конденсатор 200-E-13/1,2 охлаждаемый ацетоном минус 6°C от общего (для всего комплекса) контура охлаждения. Сконденсировавшийся ацетон сливается в реактор.

**2.3.2.22** Не сконденсировавшиеся абгазы после 200-E-13/1,2 (в основном азот) по коллектору VS отправляются на **Секцию 700**.

**2.3.2.23** Водный раствор **////////%** серной кислоты из емкостей хранения 100-V-108/1.2 насосом 100-P-108A,B через фильтр 100-F-54/1,2 (рабочий и резервный) подается в нейтрализатор 200-R-02 по расходу с коррекцией по расходу свежего ацетона. Подача раствора серной кислоты через холодильник 200-E-04 охлаждаемый заоложенной водой +5°C, температура раствора серной кислоты подаваемой в нейтрализатор **////////°C**, регулирование клапанами на линиях обратной заоложенной воды после холодильника.

**2.3.2.24** Температура в нейтрализаторе 200-R-02 поддерживается **////////°C**, п. **2.3.2.19** и **2.3.2.20**. Давление в нейтрализаторе 200-R-02 поддерживается **//// бар**, п. **2.3.2.21**. Время пребывания реакционной массы **//////// мин**.

**2.3.2.25** Режим работы 200-R-02:

- температура в реакторе **////////°C**
- давление **//////// бар**
- время пребывания реакционной смеси **//////// минут**
- соотношение раствора серной кислоты и свежего ацетона **////////**
- концентрация серной кислоты в водном растворе **////////%**

**2.3.2.26** Откачка нейтрализованной смеси из 200-R-02 насосом 200-P-02A,B в колонну отгонки ацетона 300-C-01 по уровню в нейтрализаторе.

**2.3.3 Секция 300.** Ректификация реакционной смеси, отгонка рециклового ацетона, выделение товарного диацетонового спирта.

**2.3.3.1** Реакционная масса после нейтрализатора 200-R-02 подается насосом 200-P-02A,B в среднюю часть колонны 300-C-01 для отгонки ацетона от реакционной массы

после нейтрализации. Подача производится через подогреватель 300-Е-01 обогреваемый паром НД, регулирование температуры потока клапаном на подаче пара, температура потока после подогревателя **////////°С**.

**2.3.3.2** Колонна 300-С-01 имеет **//////////** тарелок и предназначена для отгонки ацетона из реакционной смеси после нейтрализации. Диаметр колонны **//////// м**, высота цилиндрической части колонны **//////// м**.

**2.3.3.3** Пары с верха колонны, состоящие из ацетона с содержанием воды **не более //////////////%**, поступают в конденсатор 300-Е-02/1,2, охлаждаемый оборотной водой. Образующийся конденсат сливается в емкость флегмы 300-В-01 и подается насосом 300-Р-01А,В на колонну в качестве флегмы расходом не более **//////// м<sup>3</sup>/час** (что обеспечивает флегмовое число **/////////**). Балансовое количество, по уровню в емкости 300-В-01 откачивается, через холодильник 300-Е-03/1,2, охлаждаемый оборотной водой в буферный резервуар 100-Т-104А.

**2.3.3.4** Не сконденсировавшиеся абгазы из 300-В-01 поступают на конденсатор 300-Е-04 охлаждаемый ацетоном минус 6°С от общего (для всего комплекса) контура охлаждения. Конденсат сливается в емкость флегмы, а не сконденсировавшиеся инерты по коллектору VS отправляются на **Секцию 700**.

**2.3.3.5** Давление в колонне регулируется клапаном установленном на линии обратной оборотной воды из конденсатора 300-Е-02/1,2 и дополнительная корректировка клапаном установленном на линии отдувок инертов после 300-Е-04 на **Секцию 700**.

**2.3.3.6** Куб колонны 300-С-01 обогревается паром СД (**19-20** бар) через кипятильник 300-Е-05, подача теплоносителя регулируется по температуре в кубе колоны.

**2.3.3.7** Режим работы колонны 300-С-01:

- температура верха **////////°С**
- температура куба **//////////°С**
- температура питания **//////////°С**
- давление верха **//////// бар**
- давление куба **//////// бар**
- флегмовое число **/////////**.

**2.3.3.8** Кубовая продукт колоны 300-С-01, с массовой долей DAA н/м **//////////%** масс., подается насосом 300-Р-02А,В в среднюю часть ректификационной колонны 300-С-02 для отгонки воды от DAA. Подача по уровню в кубе колонны 300-С-01, температура подачи соответствует температуре куба.

**2.3.3.9** Колонна 300-С-02 имеет **//////////** тарелок и предназначена для отгонки воды от DAA. Колонна конструктивно имеет два диаметра, нижняя часть колонны с большим

диаметром  $////////$  м составляет 1/3 от высоты аппарата, и верхняя часть имеет меньший диаметр  $////////$  м. Высота цилиндрической части колонны  $////////$  м.

**2.3.3.3** Пары с верха колонны, состоящие из воды, поступают в конденсатор 300-Е-12/1,2, охлаждаемый оборотной водой. Образующийся конденсат сливается в емкость флегмы 300-V-12 и подается насосом 300-Р-12А,В на колонну в качестве флегмы расходом не более  $////$  м<sup>3</sup>/час (что обеспечивает флегмовое число  $////$ ). Балансовое количество с содержание ацетона не более 7% и DAA не более 1.5%, по уровню в емкости 300-V-12 откачивается, через холодильник 300-Е-13/1,2, охлаждаемый оборотной водой, на рекуперацию ацетона и DAA, **Секция 700**.

**2.3.3.4** Не сконденсировавшиеся абгазы из 300-V-12 поступают на конденсатор 300-Е-14 охлаждаемый захлажденной водой +5°C. Конденсат сливается в емкость флегмы, а не сконденсировавшиеся инерты по коллектору VS отправляются на **Секцию 700**.

**2.3.3.5** Давление в колонне регулируется клапаном установленном на линии обратной оборотной воды из конденсатора 300-Е-12/1,2 и дополнительная корректировка клапаном установленном на линии отдувок инертов после 300-Е-14 на **Секцию 700**.

**2.3.3.6** Куб колонны 300-С-02 обогревается паром СД (19-20 бар) через кипятильник 300-Е-15, подача теплоносителя регулируется по температуре в кубе колоны.

**2.3.3.7** Режим работы колонны 300-С-02:

- температура верха  $////////$ °С
- температура куба  $////////$ °С
- температура питания  $////////$ °С
- давление верха  $////////$  бар
- давление куба  $////////$  бар
- флегмовое число  $////$ .

**2.3.3.8** Кубовый продукт колонный 300-С-02 являющийся  $////////$ % суспензией сульфата натрия в DAA подается насосом 300-Р-13А,В с температурой куба колонны и давлением 3 бар на фильтр-пресс 100-FP-100/1,2.

**2.3.3.9** Фильтрат представляющий собой 99,4% DAA сливается в буферную емкость 100-V-141 объемом 25 м<sup>3</sup> работающей под азотной подушкой с давлением 0.5 бар. Дыхание 100-V-141 по коллектору VS на Секцию 700. Откачка насосом 100-Р-141А,В в емкости товарного DAA 100-V-31,32,33 по уровню в 100-V-141.

**2.3.3.10** Выделение и сушка сульфата натрия, п. **2.3.1.1G**

## **2.4 Расходные коэффициенты при производстве DAA.**

Представленные расходные коэффициенты, кг (м<sup>3</sup>) на тонну DAA, предназначены для общего понимания процесса и никак не подменяет собой **КНИГУ 9** уточненного материального и тепловой баланса.

Ацетон свежий на 100%, **/////////6**

Кислота серная на 100%, **//////////3**

Натр едкий на 100%, **//////////9**

Кислота серная **10%** водный раствор, **//////////3**

Натр едкий **////////%** водный раствор, **//////////4**

Сульфат натрия на 100%, **//////////4**

Сульфат натрия в суспензии перед фильтр-прессом, **////////%**

Ацетон 100%, рецикл процесса на тонну DAA, **//////////8**

Ацетон 100%, рецикл процесса на тонну свежего ацетона, **//////////1**

Вода деминерализованная, с учетом рекуперированной воды, **//////////4**

Вода деминерализованная, без учета рекуперированной воды, **//////////5**

Вода на очистку, **//////////4**

Ацетон содержание в воде на очистку, не более 7.0%

DAA содержание в воде на очистку, не более 1.5%

Водяной пар СД, т **////////**

Водяной пар НД, т **////////**

Электроэнергия, кВт\*час **//////////**

Воздух технический, нм<sup>3</sup> **////////**

Азот технический, нм<sup>3</sup> **////////**

Газ топливный, нм<sup>3</sup> **////////** (при выпуске МО и MIBK)

## 2.5 Технологические границы и границы проектирования.

Технологические границы и границы проектирования совпадают и ограничиваются:

- граница по сырью: секущая арматура на эстакадах от Секции **100** на Секции **200**,

**300**

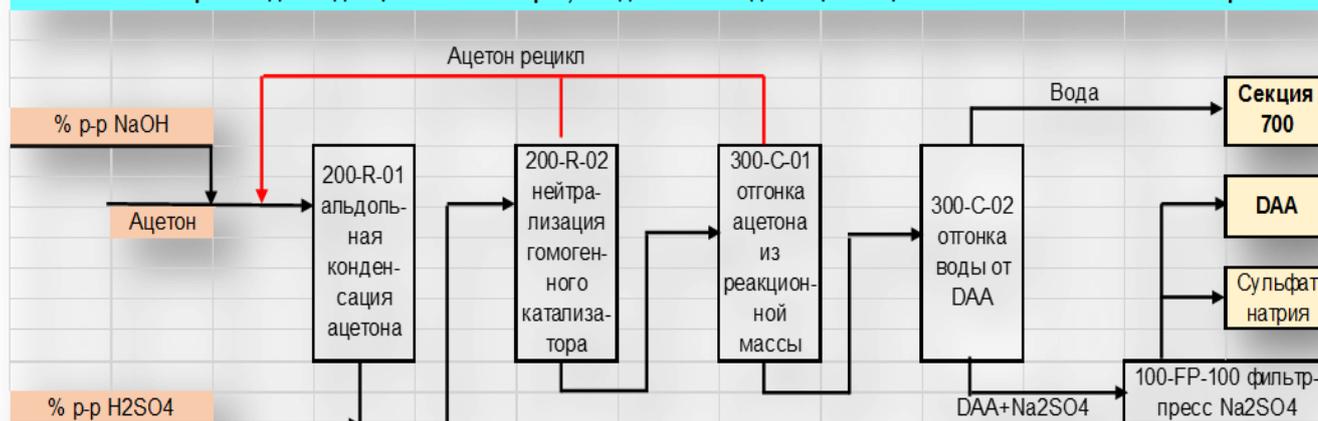
- граница по продукции: секущая арматура на эстакадах от Секций **200,300** на Секцию **100**

Воздух технический, азот технический, водяной пар, вода оборотная, вода обессоленная и деминерализованная: секущая арматура на границе Секций **100**.

## 2.6 Принципиальная BFD схема процесса.

**Схема 1.**

## BFD схема производства диацетонового спирта, альдольной конденсацией ацетона с гомогенным катализатором.



**КНИГА 3.****3. Спецификация сырья, химикатов и готовой продукции.**

3.1 Ацетон технический ГОСТ 2768-84.

3.2 Кислота серная улучшенная ГОСТ 2184-2013.

3.3 Натр едкий ГОСТР 55064-2012.

3.4 Сульфат натрия ГОСТ 21458-75

3.5 Диацетоновый спирт

[https://www.finarchemicals.com/product\\_certificate\\_of\\_analysis?itemcode=10532LC250](https://www.finarchemicals.com/product_certificate_of_analysis?itemcode=10532LC250)

Product Name	Diacetone alcohol extrapure 2.5LT	Batch No	600830204KV
SAP Code	10532LC250	IR No	6008302
Grade	Extrapure	QC Ref. No	80728
CASR No.	123-42-2	Manufacture Date	November 2022
Molecular Formula	CH <sub>3</sub> COCH <sub>2</sub> C(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> OH	Expiry Date	October 2027
Molecular Weight	116.16		

SR.NO.	TEST	RESULT	SPECIFICATION
1	Description	Colourless to pale yellow clear liquid.	Colourless to pale yellow clear liquid.
2	Solubility	Passes	Miscible with water.
3	Assay (GC)	99.3%	min. 98.0 %
4	Wt. per ml,20°C	0.938 g	0.936 - 0.941 g
5	Refractive index	1.424	1.423 - 1.424
6	Residue on evaporation	0.004%	0.02 % max
7	Water	0.2%	0.3 % max

**Remarks:** THE CAPTIONED BATCH MATERIAL COMPLIES WITH THE PRESCRIBED QUALITY OF THE ABOVE SPECIFICATION.

FINAR provides this analytical report in good faith and to the best of its knowledge. It should not be substituted for the users own raw material quality control.

**Примечание:** Стандарты ГОСТ соответствуют требованиям Заказчика и являются более жесткими, чем имеющиеся стандарты страны строительства.

## КНИГА 4.

### 4. Основные принципы регулирования и управления процессом

#### 4.1 Введение

4.1.1 Управление процессом невозможно без использования автоматизированной системы управления технологическим процессом. Безопасность процесса обеспечивается противоаварийной автоматической защитой.

4.1.2 Время цикла опроса модуля ЦПУ РСУ составляет 1 сек.

4.1.3 Время цикла опроса модуля ЦПУ ПАЗ составляет 250 мсек

4.1.2 Сигналы от всех полевых контрольно-измерительных приборов поступают на центральный пульт АСУТП и ПАЗ расположенный за пределами к.

4.1.4 Полевые контрольно-измерительные приборы имеют, как электрическое питание, так и воздухом КиП.

4.1.5 Регулирующие клапана прямого или обратного действия выбираются на основе выбранного алгоритма управления для минимизации погрешности между измеренным и заданным значением.

4.1.6 Отсекающие клапана (отсекатели) в базовом проекте выбираются на основе выбранного алгоритма управления для минимизации технологических рисков.

4.1.7 Отсекающие клапана (отсекатели) используемые для разделения на блоки, в соответствии с нормами и правилами страны строительства, выбираются и расставляются проектировщиком выполняющим стадию «Проект».

4.1.8 Отгрузка DAA имеет собственный блок управления, но дублируется и на DCS.

4.1.9 Параметры влияющие на безопасность процесса от Секции 100 со складов хранения сырья и готовой продукции должны быть выведены на DCS.

4.1.10 На схемах PID в наименовании для каждого прибора добавляется префикс: 100 – для Секции 100, 200 – для Секции 200, и так далее.

4.1.11 Система блокировок и сигнализаций обеспечивает технологические требования безопасной эксплуатации. Полная система блокировок и сигнализаций, включая систему обнаружения пожара и загазованности, может быть применена в соответствии со стандартами страны строительства на стадии «Проект».

4.1.12 Основные контура регулирования процесса приведены в п. 4.3, а также основные блокировки и сигнализации приведены в п. 4.4. Перечень документации необходимой для проектирования и поставки DCS приведен в п. 4.2.

#### 4.2 Исходные данные необходимые для проектирования и поставки DCS:

- Технологический регламент и технологические инструкции

- Альбом монтажно-технологических схем

- **Описание алгоритмов (контуров управления и регулирования) технологическим процессом включая блокировки и сигнализации**

- Логические диаграммы

- Функциональные схемы автоматизации (диаграммы P&ID, эскизы мнемосхем)

- Перечень входных и выходных сигналов

- Перечень цепей ввода-вывода с указанием позиционных обозначений, шкал, описаний, уставок, предохранительных устройств и т.д., с разбивкой на подсистемы

- Интерфейсы и протоколы обмена со смежными подсистемами, перечень данных интерфейсного обмена

- Электрические схемы подключения исполнительных механизмов, таблицы внешних соединений и подключений

- Схемы электрические принципиальные управления электроприводами, задействованными в DCS

- Схемы электрические подключения силового оборудования, требования к источникам бесперебойного электропитания, перечень оборудования, требующего бесперебойного электропитания, схемы внешних соединений и подключений этого электрооборудования

- Схемы электроснабжения DCS

- Планы аппаратной и операторной включая оборудование DCS

- Кабельный журнал от полевого оборудования до кроссовых шкафов DCS

- Требования к построению графики (цветовые, поведенческие решения)

- Скриншоты видеокадров модернизируемой системы (если применимо)

- Архитектура системы управления

- Архитектура сети (требования к IP-адресации, требования по подключению во внешнюю заводскую сеть, если применимо)

- Требования к формированию отчетов. Формы отчетов

- Перечень приборов КИП и А

- Другие документы, описывающие дополнительные требования к построению логики, организации доступа сети и т.д.

**Формирование данного пакета исходных данных не входит в состав базового проекта, за исключением предусмотренных ТЗ.**

**4.3 Основные контура регулирования используемые при составлении PID схем.**

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

**4.4 Основные блокировки и сигнализации используемые при составлении PID схем.**

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

**КНИГА 5 является необходимой и достаточной, как справочное руководство при детальном (рабочем проектировании) для выпуска PID схем, для составления «Руководства по эксплуатации», для выпуска «Технологического Регламента».**

**5. Описание технологического процесса получения **диацетонового спирта альдольной конденсацией ацетона с использованием гомогенного катализатор.****

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

**КНИГА 6.**

**6. PFD схемы процесса с указанием перечня потоков.**

Все графические материалы являются приложениями и не включаются в основную книгу базового проекта. PFD схемы процесса являются **Приложением 6** в редактируемом и не редактируемом форматах.

При составлении PID схем, являющихся графическим приложением для **КНИГИ 8** необходимо руководствоваться п. **4.1.10** при нумерации приборов КиП.

**КНИГА 7.**

**7. PFD схема с указанием материала оборудования.**

Все графические материалы являются приложениями и не включаются в основную книгу базового проекта. PFD схемы с указанием материала являются **Приложением 7** в редактируемом и не редактируемом форматах.

Материалы оборудования, указанные на схеме, рассматривается совместно с опросными листами на оборудование **КНИГА 14**, а также руководствоваться **п. 1.3.21** **включая 1.3.21А,В,С.**

**КНИГА 8.**

**8. P&ID схема процесса.**

Все графические материалы являются приложениями и не включаются в основную книгу базового проекта. P&ID схемы процесса являются **Приложением 8** в редактируемом и не редактируемом форматах.

**КНИГА 9.**

**9. Симуляция процесса. Материальные потоки и тепловой баланс.**

Все графические материалы являются приложениями и не включаются в основную книгу базового проекта. Материальные потоки, тепловые балансы являются **Приложением 9** в редактируемом формате.

## **КНИГА 10.**

### **10. Баланс потребления энергоносителей**

Потребление энергоносителей для каждой секции и по каждой позиции энергопотребляющего оборудования приведено в Приложении 11.

## **КНИГА 11**

### **11. Список катализаторов и химикатов.**

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

## **КНИГА 12**

### **12. Список опасных веществ. Листы безопасности (MSDS).**

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

## **КНИГА 13**

### **13. Отходы производства**

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

## **КНИГА 14.**

### **14. Опросные листы на технологическое оборудование.**

Все графические материалы являются приложениями в основную книгу базового проекта. Опросные листы на оборудование включены:

- Приложение 14.1 – емкости, деканторы, сепараторы, резервуары
- Приложение 14.2 – насосное оборудование
- Приложение 14.3 – теплообменное оборудование
- Приложение 14.4 – аппараты воздушного охлаждения
- Приложение 14.5 – компрессорное оборудование
- Приложение 14.6 – мешалки
- Приложение 14.7 – колонна фракционирования, реактор
- Приложение 14.8 – фильтры
- Приложение 14.9 – смесители
- Приложение 14.10 – экстракторы и шнековые промыватели

- Приложение 14.11 – оборудование для создания вакуума
- Приложение 14.12 – сушилки

**КНИГА 14** имеет стандартное оглавление для всех базовых проектов.

## **КНИГА 15.**

### **15. Перечень механического оборудования**

Перечень и характеристики оборудования по **Приложениям 14.1 – 14.11** сведены общую таблицу выпущенную, как **Приложение 15**.

## **КНИГА 16**

### **16. Перечень электродвигателей**

Перечень и характеристики электродвигателей сведены общую таблицу выпущенную, как **Приложение 16**.

## **КНИГА 17**

### **17. Планы расположение оборудования.**

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

## **КНИГА 18**

### **18. Перечень трубопроводов.**

Перечень и характеристики трубопроводов сведены общую таблицу выпущенную, как **Приложение 18**.

## **КНИГА 19.**

### **19. Руководства по эксплуатации.**

Руководство по эксплуатации предполагает, что все монтажные и пусконаладочные работы, а также обкатка оборудования, промывка трубопроводов, прием сырья, химикатов завершены. Установка обеспечена энергоресурсами, персонал обучен и имеет достаточную теоретическую и практическую подготовку.

Все неполадки оборудования и правила его эксплуатации приведены в заводских инструкциях, а также **КНИГА 5**.

**19.1 Документация по процессу и оборудованию.** Рабочие инструкции, инструкции по эксплуатации оборудования составляются персоналом Заказчика до начала пус-

коналадочных работ. Основой являются **КНИГИ 1,2,4,5** и **Приложения** настоящего БП или технологический регламент составленный на основе БП.

**19.2 Документация по входному контролю и технологическому режиму.** Положение о контроле качества сырья, химикатов и готовой продукции составляется персоналом Заказчика.

**19.3** Документация указанная в п. **19.1** и **19.2** составляется Заказчиком с учетом действующих законов, стандартов и норм, директив и предписаний, касающихся безопасности на производстве, защиты здоровья, предотвращения несчастных случаев и сохранение собственности.

**19.4** Настоящее руководство по эксплуатации применимо только для выпуска ди-ацетонового спирта, **КНИГА 2, 5.**

**19.5** В случае, если Заказчик намеревается производить на установке иную продукцию или же эксплуатировать установку при каких-либо других производственных условиях, то перед этим он должен произвести переработку настоящего БП, технологического регламента и руководства по эксплуатации.

**19.6 Подготовка** //////////////////////////////////////////////////////////////////

**19.7** //////////////////////////////////////////////////////////////////

**19.8** //////////////////////////////////////////////////////////////////

**19.9 Дозировочные емкости.**

**19.10 Реактор** //////////////////////////////////////////////////////////////////.

Персонал должен быть обучен приему и регулированию НТМ.

**19.11** Все параметры работы реактора – время реакции, температурный режим, соотношение //////////////////////////////////////////////////////////////////.

**19.12** //////////////////////////////////////////////////////////////////

**19.13** //////////////////////////////////////////////////////////////////

**19.14** //////////////////////////////////////////////////////////////////

**19.15 Прием и охлаждение дистиллята** //////////////////////////////////////////////////////////////////

**19.16** //////////////////////////////////////////////////////////////////

**19.17** //////////////////////////////////////////////////////////////////