

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ
Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»
18.03.02 «Энерго-, ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: **Разработка технического решения совершенствования
очистки ТИБА производства триизобутилалюминия на
ООО «Тольяттикаучук»**

Студент(ка)

О.Н. Авдеева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

М.В. Кравцова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите
Зав. кафедрой
«Рациональное
природопользование
и ресурсосбережение»

к.п.н., М.В.Кравцова
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2016

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ
Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «РПиР»

_____ М.В.Кравцова
(подпись) (И.О. Фамилия)

« _____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ
на бакалаврскую работу

Студент: Авдеева Ольга Николаевна

1. Тема: Разработка технического решения совершенствования очистки ТИБА производства триизобутилалюминия на ООО «Тольяттикаучук»

2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы 01.06.2016

3. Исходные данные к бакалаврской работе: Технологический регламент цеха производства ТИБА

4. Содержание бакалаврской работы:

– Анализ существующей системы очистки ТИБА на ООО «Тольяттикаучук»

– Совершенствование стадии очистки ТИБА от шлама способом вакуумной дистилляцией

5. Дата выдачи задания 15.03.2016

Руководитель бакалаврской работы

М.В. Кравцова

_____ (подпись)

_____ (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ (подпись)

О.Н. Авдеева

_____ (И.О. Фамилия)

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «РПиР»

_____ М.В.Кравцова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«_____» _____ 20__ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
бакалаврской работы**

Студента: Авдеевой Ольги Николаевны

по теме: Разработка технического решения совершенствования очистки

ТИБА производства триизобутилалюминия на ООО «Тольяттикаучук»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение	15.03.2016			
Анализ существующей системы очистки ТИБА на ООО «Тольяттикаучук»	17.04.2016			
Совершенствование стадии очистки ТИБА от шлама способом вакуумной дистилляцией	10.05.2016			
Заключение	30.05.2016			

Руководитель бакалаврской работы

М.В. Кравцова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

О.Н. Авдеева

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Бакалаврскую работу выполнил: Авдеева О.Н.

Тема работы: Разработка технического решения совершенствования очистки ТИБА производства триизобутилалюминия на ООО «Тольяттикаучук»

Научный руководитель: Кравцова М.В.

Цель бакалаврской работы – разработка способа очистки ТИБА высокой степени чистоты с применением экономической эффективности и технического решения для повышения качества и снижение затрат на товарный продукт, которым является синтетический изопреновый каучук.

В работе проанализирована существующая очистка ТИБА на ООО «Тольяттикаучук» и разработано техническое решение по совершенствованию системы очистки ТИБА от механических примесей на предприятии ООО «Тольяттикаучук».

Бакалаврская работа состоит из введения, двух глав, заключения, списка используемых источников.

Во введении обосновывается актуальность проводимого исследования, описывается цель, задачи, объект и предмет исследования.

В первой главе проанализирована существующая система очистки ТИБА на ООО «Тольяттикаучук».

Во второй главе разработано техническое решение по совершенствованию очистки ТИБА от шлама на ООО «Тольяттикаучук».

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, 2-х разделов, заключения, списка литературы из 62 источников. Общий объем работы, без приложений 61 страница машинописного текста, в том числе таблиц – 12, рисунков – 10.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ТИБА НА ООО «ТОЛЬЯТТИКАУЧУК»	10
1.1 Производство ТИБА на ООО «Тольяттикаучук»	11
1.1.1 Получение водорода, его очистка и осушка	12
1.1.2 Приготовление суспензии алюминия	13
1.1.3 Синтез ТИБА	13
1.1.4 Очистка ТИБА от механических примесей	15
1.2 Свойства ТИБА и его влияние на технологический процесс по- лимеризации производства синтетического изопренового каучука	16
1.3 Причины образования шлама	20
1.4 Анализ существующих способов очистки	21
1.4.1 Отделение шлама от ТИБА методом отстоя	21
1.4.2 Отделение шлама от ТИБА методом центрифугирования	23
1.4.3 Отделение шлама от ТИБА методом фильтрования	24
1.4.4 Отделение шлама от ТИБА методом вакуумной дистилляции	26
ГЛАВА 2. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТАДИИ ОЧИСТКИ ТИБА ОТ ШЛАМА СПОСОБОМ ВАКУУМНОЙ ДИСТИЛЛЯЦИЕЙ	30
2.1 Описание существующей технологической схемы очистка ТИБА от механических примесей на ООО «Тольяттикаучук»	31
2.1.1 Намыв фильтрующего слоя и регенерация фильтров № 36	32
2.1.2 Описание технологического оборудования	33
2.2 Описание технологической схемы очистка ТИБА от механиче- ских примесей способом вакуумной дистилляцией	34
2.3 Выбор основного промышленного оборудования	35
2.4 Материальный баланс установки очистки ТИБА на ООО «Тольяттикаучук»	38

2.5 Материальный баланс установки очистки ТИБА способом вакуумной дистилляции	40
2.6 Расчет поверхности основного аппарата	41
2.7 Расчет теплообмена при конденсации пара	44
2.8 Экономическое обоснование работы	46
2.8.1 Расчет годовой производительности мощности	47
2.8.2 Расчет капитальных вложений (инвестиций)	48
2.8.3 Расчет себестоимости продукции	50
2.8.4 Расчет расходов на сырье и полуфабрикаты	50
2.8.5 Расчет расходов на топливо и энергию	51
2.8.6 Расчет расходов на содержание и эксплуатацию оборудования	52
2.8.7 Расчет цеховых расходов	52
2.8.8 Расчет экономической эффективности бакалаврской работы	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	57

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АОС — алюминийорганические соединения

ДВМ — добавка высокооктановая метанольная

МТБЭ — метил-трет-бутиловый эфир

ООО — общество с ограниченной ответственностью

ПАО — публичное акционерное общество

ТИБА — триизобутилалюминий

ТР — технический регламент

ВВЕДЕНИЕ

Триизобутилалюминий (ТИБА) — алюминийорганические соединения (АОС), которое является эффективным компонентом каталитического комплекса в процессах полимеризации, которые, как правило, проводят в среде алифатических соединений или углеводородов C₄ – C₅. ТИБА широко используется и обусловлено это высокой реакционной способностью, а так же относительно дешевой и простой технологией получения. Особенностью получения ТИБА является наличие в конечном продукте после синтеза остатков не прореагировавшего алюминиевого порошка. Как минимум 5 – 8% алюминия переходит в шлам — мелкодисперсную суспензию. В дальнейшем шлам не используется и утилизируется путем сжигания его в печах. Для современного производства на ООО «Тольяттикаучук» требуется ТИБА с содержанием примесей шлама не менее 0,01%. Большое влияние на строение и свойства изопренового каучука оказывают: чистота исходных компонентов каталитического комплекса, растворителя, изопрена, а также температура полимеризации. Наличие незначительных примесей в тетрахлориде титана отрицательно влияют на молекулярную массу каучука, снижают содержание в полимере 1,4-цис-звеньев и замедляют процесс полимеризации. Очистка ТИБА от механических примесей на ООО «Тольяттикаучук» происходит методом отстаивания с последующей фильтрацией. Это длительный процесс, который происходит в течение не менее 120 часов, при этом готовый продукт имеет содержание твердых примесей до 0,95 %, что говорит о не достаточно качественной очистке. Технологический процесс очистки суспензии алюминийалкила от твердых примесей должен обеспечивать максимальную эффективность, так как наличие незначительных примесей в ТИБА приводят к получению катализатора меньшей активности, замедляется процесс полимеризации, вследствие чего ухудшается качество получаемого полимера. Так же во время возрастает пожарная опасность, так как в производственном шламе содержится не прореагировавший алюминий. В производственном процессе

шламом забиваются трубопроводы, арматура, устройства для измерения, импульсные линии, а так же при подаче раствора в систему затрудняют его дозирование. Очистление узлов от шлама очень трудоемкая и опасная работа, так как уплотненный шлам самовоспламеняется на воздухе при отсутствии нагрева, а при попадании на кожу вызывают сильные ожоги [23].

Развитие химической промышленности в нашей стране происходит очень стремительно, конкуренция на рынке растет, и в связи с этим предъявляются высокие требования к качеству готового продукта, но существующий метод очистки не может обеспечить высокого качества продукции, поэтому тема очень актуальна.

На данный момент очистка от механических примесей на ООО «Тольяттикаучук» происходит методом отстаивания. Данный способ очистки мало эффективен, так как процесс отстаивания очень длительный, а получаемый ТИБА прямым синтезом содержит от 0,8 до 5% твердых примесей, преимущественно частиц алюминия размером 0,1-1 мкм.

Целью данной работой является повышение качества товарного продукта, которым является синтетический изопреновый каучук и снижение затрат на его производство на ООО «Тольяттикаучук» путем разработки технического решения по получению ТИБА высокой степени чистоты методом вакуумной дистилляции.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующей системы очистки ТИБА на ООО «Тольяттикаучук».
2. Проанализировать влияния ТИБА на технологический процесс производства синтетического изопренового каучука.
3. Разработать техническое решение по повышению эффективности очистки ТИБА.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ТИБА НА ООО «ТОЛЬЯТТИКАУЧУК»

ООО «Тольяттикаучук» – одно из крупнейших предприятий нефтехимического комплекса России, являющееся дочерним предприятием ПАО «СИБУР Холдинг». ООО «Тольяттикаучук» расположен в городе Тольятти. Промышленная инфраструктура предприятия расположена на территории 280 гектаров (рис.1).

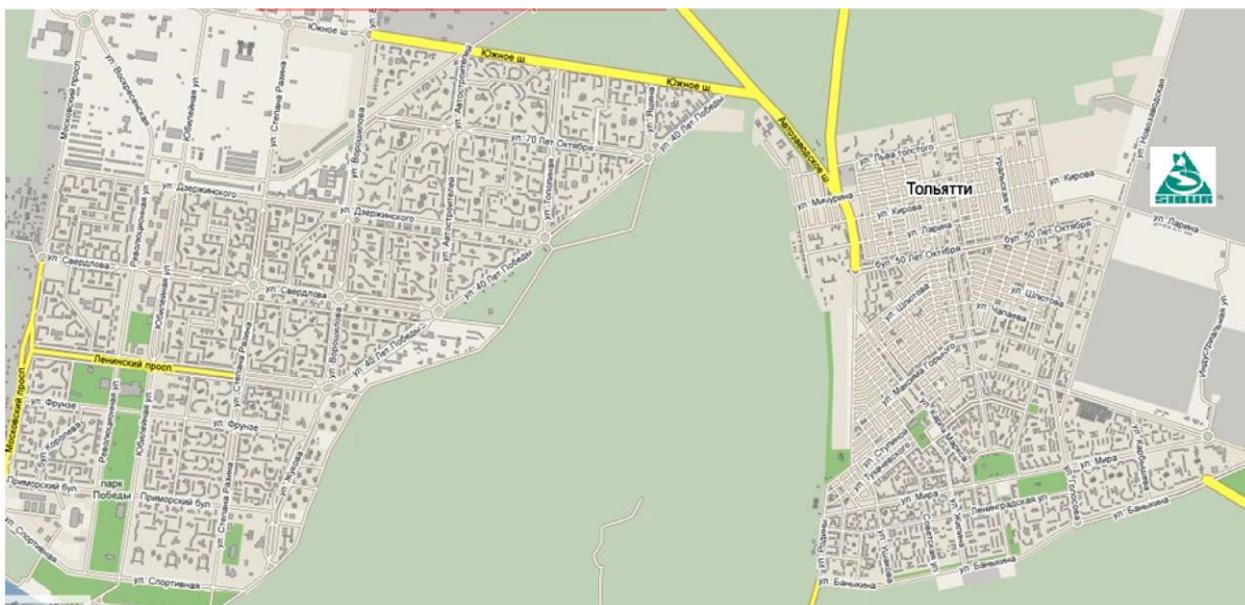


Рисунок 1 — Расположение ООО «Тольяттикаучук» на территории города Тольятти

Основным производством предприятия является выпуск синтетических каучуков различных марок. Сополимерные каучуки предназначены для изготовления изделий резинотехнической, шинной промышленности. Каучук синтетический цис-изопреновый предназначен для производства шин и резинотехнических изделий, а так же в качестве первичных форм при производстве изделий: уплотнительные элементы оборудования, применяемого в пищевой, медицинской и фармацевтических отраслях, упаковочные материалы, находящиеся в контакте с продуктами питания и лекарственными препаратами (резиновые пробки), изделия по уходу за больными (грелки, судна), шлем-маска противогаса, а так же может использоваться в производстве резиновых

изделий для электронной и электротехнической промышленности. Бутилкаучук предназначен для изготовления резинотехнических изделий, автомобильных камер и диафрагм форматоров-вулканизаторов. Так же предприятие выпускает продукты неорганического и органического синтеза, фракции углеводородные, полимеры, в том числе метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ) и добавку высокооктановую метанольную (ДВМ), которые являются присадками для автомобильных бензинов. Около 70% продукции ООО «Тольяттикаучук» отгружается на экспорт.

Одним из самых востребованных продуктов, производимых на тольяттинской промышленной площадке, является каучук синтетический цис-изопреновый. Его мощность производства составляет 70 тысяч тонн в год.

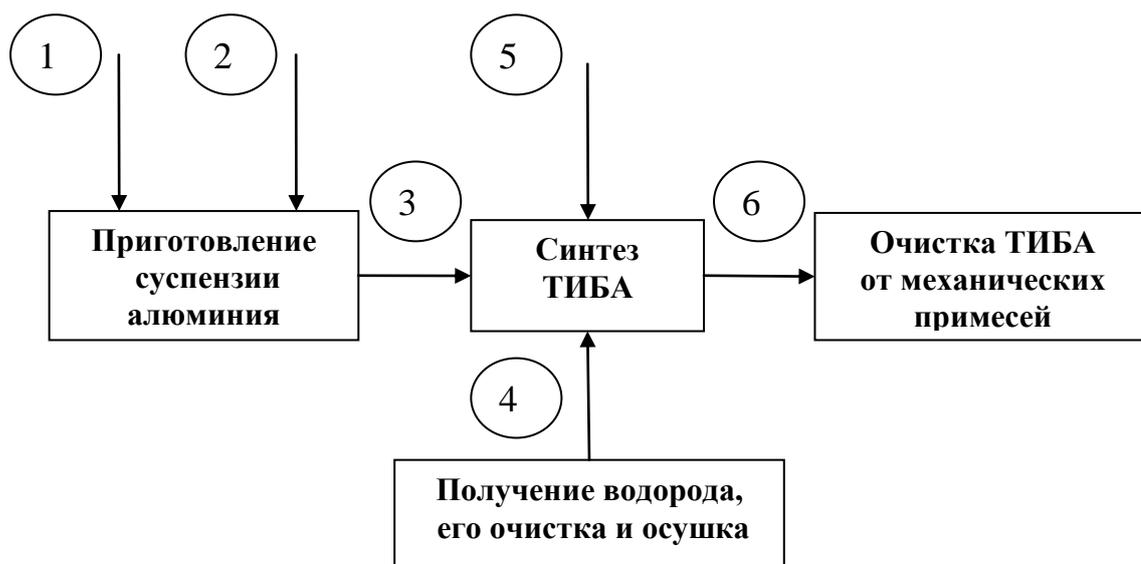
Производство изопренового каучука из изопрена, получается путем дегидрированием растворителя изопентана или толуола. Процесс полимеризации изопрена в изопентане или толуоле осуществляется в присутствии многокомпонентного каталитического комплекса на основе четыреххлористого титана ($TiCl_4$) и ТИБА ($(iC_4H_9)_3Al$). Производство многокомпонентного каталитического комплекса осуществляется в цехе ТИБА [39].

1.1 Производство ТИБА на ООО «Тольяттикаучук»

Цех ТИБА предназначен для получения триизобутилалюминия, водорода, кислорода, этилалюминийсесквихлорида, катализатора для производства изопреновых каучуков. Производство ТИБА периодическое. Процесс получения ТИБА состоит из основных и вспомогательных стадий.

Основные стадии (рис. 2):

1. Получение водорода, его очистка и осушка.
2. Приготовление суспензии алюминия.
3. Синтез ТИБА.
4. Очистка ТИБА от механических примесей.



1 — алюминиевый порошок, *2* — толуол, *3* — суспензия алюминия, *4* — водород, *5* — изобутилен, *6* — концентрированный раствор ТИБА

Рисунок 2 — Схема процесса получения ТИБА

1.1.1 Получение водорода, его очистка и осушка

Электролитическим разложением парового конденсата получается водород. В качестве электролита применяется раствор едкого калия.

Приготовление раствора электролита производится периодически. В корзину бака загружается твердая калиевая щелочь, затем в бак подается конденсат, после чего осуществляется циркуляция.

Готовый электролит через фильтр подается в электролизеры и разделительные колонки. В процессе электролиза происходит разложение воды.

Полученные при электролизе воды водород и кислород из электролизера поступают по газовым каналам в соответствующие разделительные колонки, где отделяются от уносимого ими электролита.

Из разделительных водород и кислород поступают в промыватели газов, где барботируют через слой охлажденного конденсата. Затем водород поступает в контактный аппарат, где в присутствии палладиевого катализа-

тора происходит очистка водорода от примеси кислорода с образованием паров воды.

Водород из контактного аппарата поступает в холодильник, где охлаждается промышленной водой, подаваемой в корпус аппарата, и конденсирует содержащуюся в нем влагу. Затем водород поступает в сепаратор, где происходит улавливание сконденсированной влаги, которая стекает в сборник конденсата.

Из сепаратора водород поступает на подогрев в электроподогреватель, а за тем поступает на регенерацию осушителей и осушку.

1.1.2 Приготовление суспензии алюминия

Приготовление суспензии алюминия в толуоле осуществляется периодическим методом в аппаратах, снабженных мешалками для перемешивания.

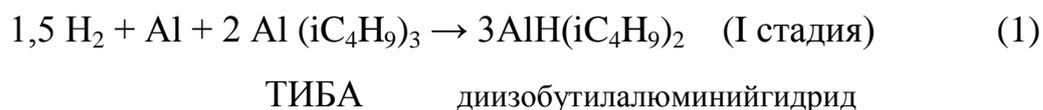
В аппарат принимается расчетное количество толуола, затем из бункера азотом передавливается алюминиевый порошок.

После загрузки компонентов суспензия перемешивается не менее часа и азотом передавливается в реактор для дальнейшего синтеза ТИБА.

1.1.3 Синтез ТИБА

ТИБА получается путем синтеза из алюминия, водорода и изобутилена в периодически действующих реакторах в две стадии.

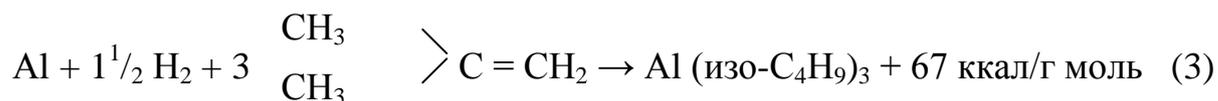
В первой стадии синтеза участвует ТИБА, который является затравкой процесса:



Образовавшийся диизобутилалюминийгидрид в дальнейшем превращается в ТИБА по реакции:



Общая реакция синтеза ТИБА выглядит следующим образом:



Процесс синтеза ТИБА протекает при сравнительно высоких температурах и давлении. Конверсия алюминия, а следовательно, выход ТИБА, прямо пропорционален температуре синтеза в интервале температур 80-165°C и примерно равен 85%.

Реактор снабжен мешалкой с экранированным электроприводом и рубашкой для подогрева и охлаждения реакционной массы.

В реактор, в котором имеется необходимое количество концентрированного ТИБА для разрушения окисной пленки сферической поверхности алюминия, передавливается суспензия алюминиевого порошка в толуоле.

После загрузки суспензии алюминия реактор продувается водородом, затем в него подается изобутилен из мерника.

По окончании загрузки изобутилена в реактор из ресивера подается водород до давления в реакторе 20–25 кгс/см² и включается мешалка.

Затем производится подогрев реакционной массы до температуры начала реакции 120-140°C, которая достигается подачей в рубашку реактора трансформаторного масла с температурой 120-140°C.

При нагреве реакционной массы до температуры 120-140°C давление в реакторе растет, а затем начинает падать, что указывает на начало поглощения водорода и начало синтеза диизобутилалюминийгидрида.

Как только начнется поглощение водорода, в реактор производится непрерывная подача водорода из ресивера. Давление в реакторе поддерживается автоматически в пределах 25–60 кгс/см².

Синтез ТИБА протекает с выделением большого количества тепла, которое снимается подачей в рубашку реактора трансформаторного масла с температурой 0–20°C.

По окончании реакции синтеза, что определяется по прекращению подъема температуры и окончанию поглощения водорода, подача водорода

прекращается, и реакционная масса охлаждается до температуры 40–45°C трансформаторным маслом, подаваемым в рубашку реактора.

При достижении температуры 40–45°C газовая фаза, состоящая из водорода, изобутилена, изобутана, осторожно стравливается из реактора на факел, затем в реактор из мерника подается расчетное количество изобутилена, для доалкилирования образовавшегося диизобутилалюминийгидрида в триизобутилалюминий.

По окончании подачи изобутилена реактор разогревается до температуры 70–90°C, при этой температуре реакционная масса выдерживается 1,5–3 часа, после чего охлаждается до температуры 40–45°C подачей в рубашку реактора трансформаторного масла с температурой 10°C.

Газовая фаза стравливается на факел до давления 0,5–2,0 кгс/см². По окончании стравливания газов и отгонки изобутилена реакционная масса охлаждается до температуры 20–35°C, после чего реакционная масса передавливается азотом в один из отстойников.

Передавливание ТИБА из реактора производится по укороченному сифону. Часть ТИБА остается в реакторе для активации суспензии алюминиевого порошка при очередном синтезе ТИБА.

1.1.4 Очистка ТИБА от механических примесей

Реакционная масса из реакторов принимается в аппарат-отстойник, где происходит отстой концентрированного раствора ТИБА в толуоле от непро-реагировавшего алюминия-шлама.

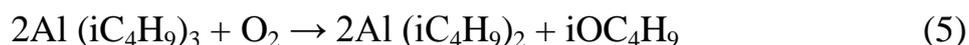
65% – (– 35°C)

50% – (– 38°C)

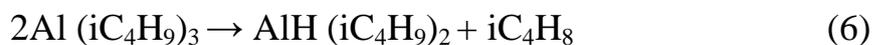
30 % – (– 52°C)

При контакте с воздухом концентрированные растворы ТИБА очень быстро окисляются и самовоспламеняются.

Образования оксисоединений (диизобутилизобутоксид алюминия и др.) происходит при медленном окислении:



Отщепление изобутилена с образованием диизобутилалюминийгидрида происходит при нагревании ТИБА выше 50°C:



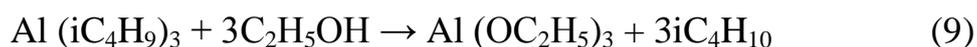
Диизобутилалюминийгидрид разлагается при температуре выше 250°C на исходные продукты:



Взаимодействие ТИБА с водой протекает взрывообразно:



Триизобутилалюминий реагирует бурно со спиртами, образуя изобутан и алкоholes алюминия:

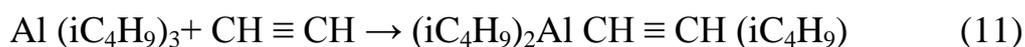


Так же протекает бурная реакция и с четыреххлористым углеродом:



Чрезвычайно бурно реагируют кислоты с ТИБА с выделением изобутана.

При реакции с ацетиленом триизобутилалюминий образует продукт присоединения:



Концентрированный раствор ТИБА отгружается родственными предприятиями. ТИБА технический и специальный (ТИБА-С) по техническим условиям 38.103154-79 с изменениями 1–8, которые должны удовлетворять следующим требованиям (табл. 1):

Таблица 1– Нормированные показатели ТИБА

Наименование показателя	Нормы для марки и сорта			
	ТИБА			ТИБА-С
	высший	первый	второй	
Внешний вид	Подвижная жидкости от бесцветного до светло-желтого			Подвижная жидкость темного цвета
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Массовая доля ТИБА в растворе (по общему алюминию), %, не менее	40	40	40	50-55
Массовая доля диизобутилалюминий-гидрида, %, не более	5,0	5,0	5,0	2,0
Массовая доля оксисоединений в пересчете на моноизобутоксидиизобутилалюминий, %, не более	4,0	4,0	4,0	3,5
Массовая доля твердых примесей в растворе, %, не более	отс	0,35	0,90	1,0

Примечание: нормы по содержанию примесей даны в расчете на 100% продукт.

В производстве синтетических каучуков применяются обе марки: ТИБА и ТИБА-С. По степени воздействия на организм человека ТИБА относится ко 2-му классу опасности. При разложении ТИБА образуется аэрозоль алюминия, предельно допустимая концентрация, которого 2 мг/м^3 . ТИБА и его растворы хранят в герметично закрытых емкостях, в атмосфере очищенного азота, содержащего не более 0,1 мг/л кислорода, с целью исключения контакта с влагой и воздухом.

Концентрированный ТИБА и его растворы пожароопасные. Для хранения контейнеров с ТИБА отводится специально выделенная площадка, которая оборудована навесом, защищающая контейнеры от действия прямых солнечных лучей и атмосферных осадков, а так же возможно хранение на складе вдали от источников тепла. Запрещается использовать воду и воздушно-механическую пену для тушения горящих растворов ТИБА с концентрацией более 20% [47].

В процессе синтеза ТИБА образуется алюминийалкилы, которые содержат большое количество производственного шлама, в результате этого возрастает пожарная опасность, так как в производственном шламе содержится не прореагировавший алюминий. В производственном процессе шламом забиваются трубопроводы, арматура, устройства для измерения, импульсные линии, а так же при подаче раствора в систему затрудняют его дозирование. Очистление узлов от шлама очень трудоемкая и опасная работа, так как уплотненный шлам самовоспламеняется на воздухе при отсутствии нагрева, а при попадании на кожу вызывают сильные ожоги. Поэтому, во избежание несчастных случаев, взрывов, пожаров эксплуатация оборудования, содержащего ТИБА, должна осуществляться со строгим соблюдением правил техники безопасности и норм технологического режима, указанных в действующем регламенте и действующих на предприятии инструкций. Отходы АОС являются опасными, так как содержат органические растворители, остатки АОС и содержат активный алюминий. Отходы подлежат обязательному уничтожению, сжигание в печах[26].

ТИБА должен содержать не более 0,01% тонкодисперсных твердых частиц, так как он входит в состав катализатора, который используется при полимеризации олефинов.

Технологический процесс очистки суспензии алюминийалкила от твердых примесей должен обеспечивать максимальную эффективность, так как наличие незначительных примесей в триизобутилалюминии приводят к получению катализатора меньшей активности, замедляется процесс полимеризации, вследствие чего ухудшается качество получаемого полимера.

Получаемый ТИБА прямым синтезом содержит от 0,8 до 5% твердых примесей, преимущественно частиц алюминия размером 0,1-1мкм [24].

1.3 Причины образования шлама

При получения алюминийалкилов основная реакционная масса и исходные продукты представляют собой суспензии.

Шлам образовывается при использовании исходных продуктов низкого качества и не соблюдения технологического режима в процессе синтеза алюминийалкилов.

Главным фактором, при котором образовывается шлам, является качество самого алюминия. В процессе синтеза алюминийорганических соединений в алюминий добавляется титан, для ускорения процесса. Титан не вступает в реакцию с углеводородами, хоть и является катализатором данного процесса. Для того что бы обеспечить необходимую степень превращения алюминия в алюминийалкилов и скорость данной реакции, необходимое содержание алюминия в титане достаточно 0,05%. Однако некоторые сорта алюминиевого порошка содержат до 4 % титана, который практически весь осаждается в растворах алюминийалкилов в виде шлама.

На образование шлама влияет и гранулометрический состав алюминия. Алюминиевый порошок, имеющий фракцию 100-150 мкм, не принимает участие в реакции с углеводородами и весь остается в шламе.

Не соответствующие условия хранения металла имеют влияние на степень превращения. Если условия хранения алюминия на воздухе составляют более трех месяцев, то степень превращения алюминия в ТИБА будет равна 83,3%, т.е. 16,7% и алюминий осаждается в шлам.

Количество шлама увеличивается, если в компонентах, которые используются для синтеза алюминийалкилов, присутствует влага. Наличие влаги приводит к образованию гидроокиси алюминия, который уходя в осадок в виде шлама.

Большое количество образования шлама происходит в результате нарушения заданного соотношения алюминия и углеводорода.

Образование шлама в растворе алюминийалкилов буде происходить даже при строгом соответствии выполнению всех параметров, которые необходимы для данного технологического режима [24].

1.4 Анализ существующих способов очистки

Системы, состоящие из разных фаз, в данном случае твердых частиц и жидкости, является неоднородными. Такие системы могут условно быть разделены на четыре группы:

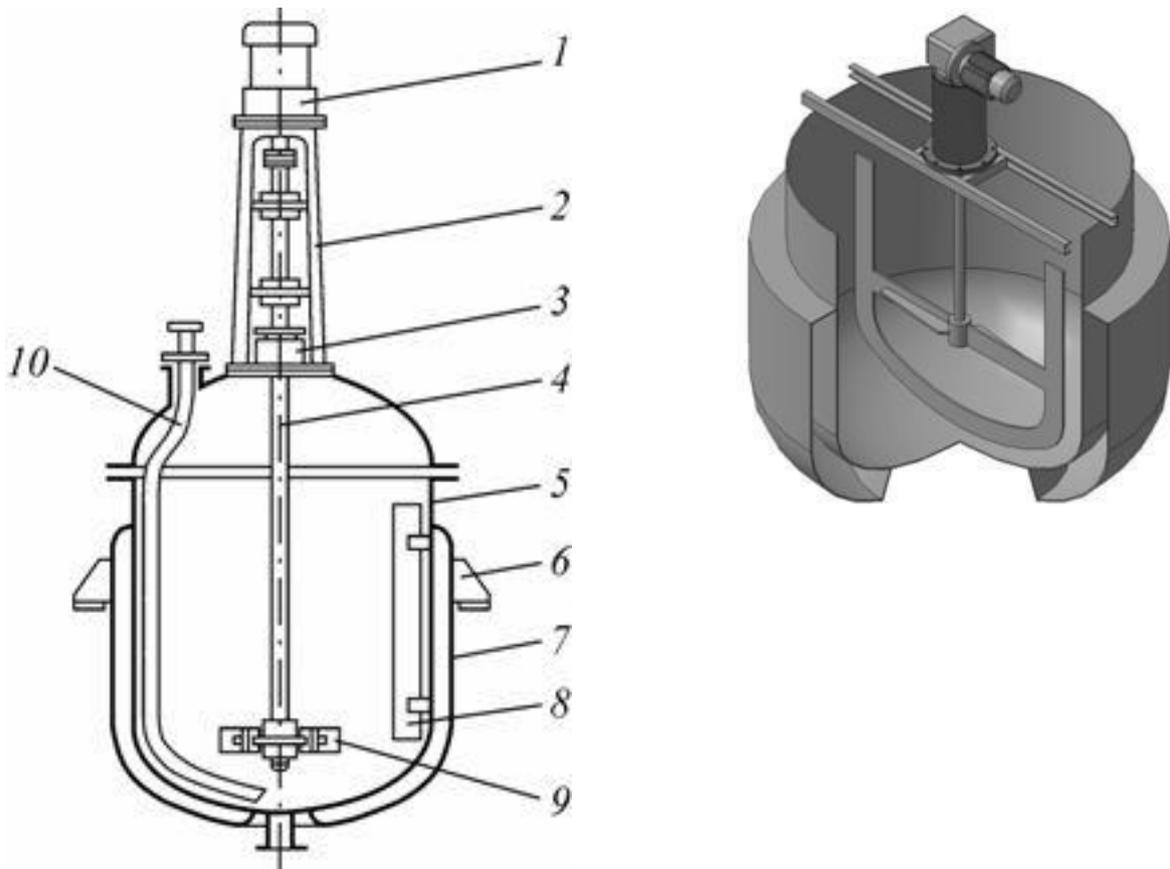
- 1) грубые суспензии (размер твердых частиц > 100 мк),
- 2) тонкие суспензии (размер твердых частиц $0,5-100$ мк),
- 3) мути (размер твердых частиц $0,1-0,5$ мк),
- 4) коллоидные растворы (размер твердых частиц $< 0,1$ мк).

От размеров взвешенных частиц главным образом зависит выбор метода разделения неоднородной системы. В производственных условиях применяются следующие методы разделения неоднородных систем: осаждение (отстой), центрифугированием, фильтрацией, а так же методом дистилляции [25].

1.4.1 Отделение шлама от ТИБА методом отстоя

Отстаивание — это медленное расслоение жидкой дисперсной системы (суспензии) под действием сил тяжести.

Отстойниками называют аппараты, которые применяются для разделения суспензий. Отстойники могут быть периодического или непрерывного действия. Суспензией заполняется отстойник, в котором происходит отстаивание в неподвижном состоянии. Когда отстаивание заканчивается, осветленную жидкость спускают, а осадок удаляют, затем снова заполняют суспензией отстойник. Отстойник — емкость, снабженная якорной мешалкой (рис. 3) [16].



1 – привод аппарата, *2* – стойка привода, *3* – уплотнение вала, *4* – вал мешалки, *5* – корпус, *6* – опора аппарата (лапы), *7* – рубашка, *8* – отражательная перегородка, *9* – мешалка, *10* – труба передавливания

Рисунок 3 — Конструкция аппарата с перемешивающим устройством

Раствор ТИБА поступает в отстойник, после завершения отстаивания на дно отстойника осаждается шлам. Уровень в отстойнике осуществляется прибором типа ИУВЦ. Однако надежность замера не достаточна, так как поплавков обрастает шламом. Поэтому дополнительно осуществляется контроль посредством сифонов.

Для обеспечения удовлетворительного отстоя ТИБА от шлама, необходимо, чтобы температура окружающей среды была выше 20°C. В производственных условиях установлено, что оптимальное осветление суспензии от шлама происходит за двое суток и составляет около 30%.

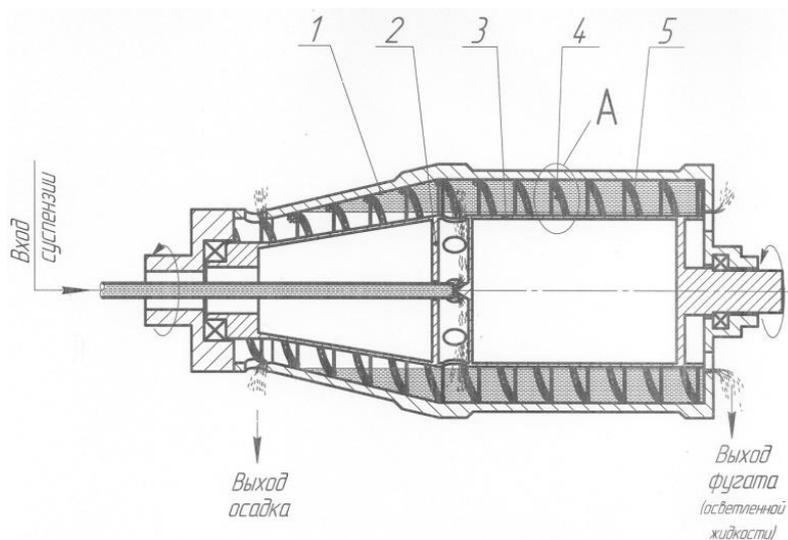
На дне отстойника шлам уплотняется и возникает необходимость его удаления. Шлам обладает пирофорными свойствами и его удаление является опасным и трудоемким. Из-за низкой производительности отделение шлама способом отстаивания, и трудоемкости и большой опасности, это метод является нецелесообразным [10].

1.4.2 Отделение шлама от ТИБА методом центрифугирования

Центрифугирование — это разделение жидких дисперсных систем с частицами размером более 100нм в поле центробежных сил. В результате центрифугирования происходит выделение составляющих фаз (жидкая – фугат или фильтрат, твердая – осадок).

Конструкция представляет собой центрифугу, в котором применяется экранированный электропривод. В связи с этим при центрифугировании исключается контакт исходной суспензии, осветленного раствора и осадка с воздухом.

В ротор центрифуги поступает исходная суспензия. Электродвигателем осуществляется вращение вала. В центрифуге происходит три операции: заполнение, осветление и отсос осветленной жидкости. Операции повторяются до тех пор, пока не сработает операция «срез осадка». Осветленный ТИБА собирается в емкость и направляется на стадию приготовления раствора. При операции «среза осадка» для промывки центрифуги подается растворитель. В дальнейшем промывная суспензия направляется на сжигание, либо на повторное центрифугирование (рис. 4) [14].



1 – полый ротор, **2** – шнек, **3** – корпус барабана, **4** – ленточная спираль,
5 – защитный сектор

Рисунок 4 — Центробежный аппарат для разделения неоднородных сред

Метод центрифугирования показывает, что за 30 сек. осаждение завершилось полностью и центрифугат стал практически прозрачным.

Однако в этом методе имеются недостатки. В центрифугу необходимо подавать сгущенную суспензию с отношением жидкого к твердому (Ж:Т) не менее 1,1:1. Для этого суспензия предварительно проходит через отстойник-сгуститель [18].

1.4.3 Отделение шлама от ТИБА методом фильтрования

Фильтрование — это процесс разделения дисперсных систем (суспензия, аэрозоль) с помощью пористых перегородок, которые пропускают дисперсионную среду и задерживают дисперсную твердую фазу.

Фильтрование может быть следующих видов:

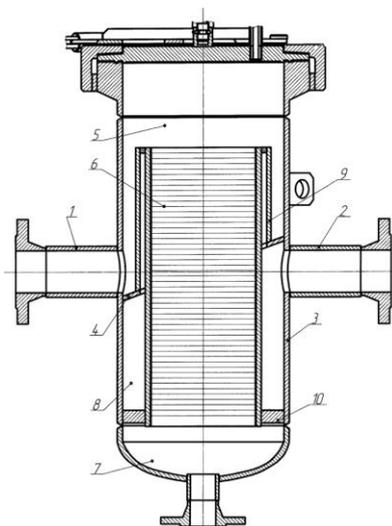
- 1) слой осадка образовывается на фильтровальной перегородке;
- 2) отделение жидкой фазы от жидкой в виде сгущенной суспензии;
- 3) осветление жидкостей в которых содержится незначительное количество твердой фазы.

Для очистки ТИБА используется третий вид фильтрования. Этот метод обеспечивает повышение чистоты и активности катализатора, а так же увеличивает производительность процесса и снижает потери толуола.

Перед фильтрацией необходимо провести дополнительный отстой раствора алюминийалкила при температуре 10–30°C в течение 4–15 часов и при содержании алюминийалкила в исходном растворе 40–70% мас. Полученный раствор ТИБА проходит через фильтр, состоящий из фильтрующей перегородки и намывного слоя.

По окончании фильтрации производится вытеснение шлама растворителем из фильтра. Промывная фракция растворителя передавливается из фильтра в аппарат, оборудованный рубашкой, часть отгоняется из аппарата, а его пары конденсируются в конденсаторе. Конденсат стекает в емкость для повторного использования. Остаток выдавливается из аппарата в промежуточный сборник на сжигание.

Фильтры промышленного предназначения разделяются на фильтры непрерывного и периодического действия, а по рабочему давлению на фильтры работающие под давлением и вакуум-фильтры. Для фильтрации ТБА используются патронные фильтры, работающие под давлением. Фильтры такого типа состоят из узких фильтровальных элементов, виде цилиндров (патронов). Фильтрат под давлением проходит через перегородку каждого элемента, а на наружной поверхности остается осадок (рис. 5).



1 – входной патрубок для исходной жидкости, **2** – выходной патрубок для осветленной жидкости, **3** – корпус, **4** – трубная доска, **5** – верхняя камера, **6** – фильтрующие патроны, **7** – нижняя камера корпуса, **8** – нижняя камера, в которой находится очищенная жидкость, **9** – защитные футляры, **10** – трубная доска

Рисунок 5 — Патронный фильтр

Способ фильтрации обеспечивает безопасные условия эксплуатации и высокую степень очистки ТИБА от шлама. Недостатком этого способа является громоздкость технологической схемы: в одном фильтре проводится фильтрация, в другом — намыв фильтрующего слоя, а третий является резервным [14].

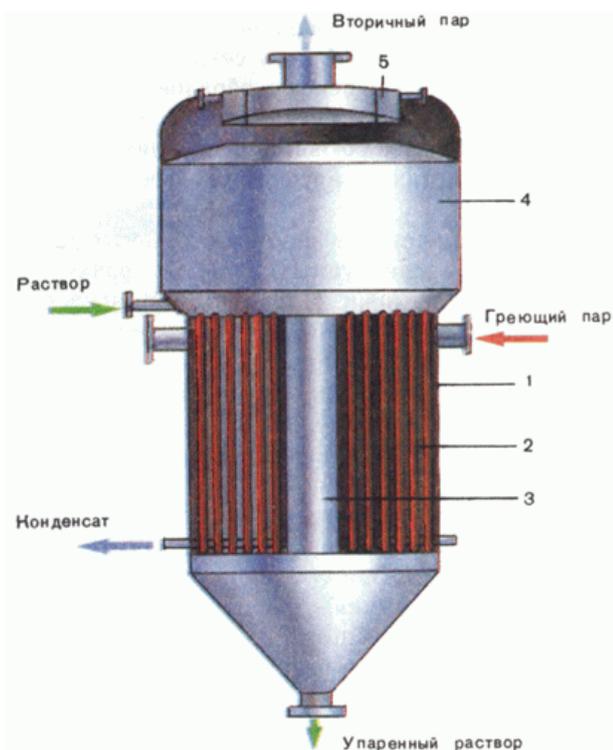
1.4.4 Отделение шлама от ТИБА методом вакуумной дистилляции

Когда дистилляция не может быть осуществлена при атмосферном давлении из-за высокой температуры кипения целевого вещества, что приводит к термическому разложению перегоняемого продукта, в этом случае используют вакуумную дистилляцию, которая является одним из методов разделения смесей органических веществ.

Методом вакуумной дистилляции любая жидкость кипит при более низкой температуре, становится возможным разогнать жидкости, разлагаю-

щиеся при перегонке с атмосферным давлением, в результате чего получают совершенно чистое индивидуальное соединение.

Вакуумная дистилляция используется в процессах, где необходимо применение высокочистых или концентрированных алюминийалкилов. В выпарных установках вакуум создается за счет конденсации вторичного пара. Нагревание раствора происходит за счет передачи тепла от нагревающего трансформаторного масла, который проходит по кипяtilьным трубам. В результате конденсации вакуум выпорка снижает температуру кипения растворов органических веществ, а также высококипящих растворов. Вакуум увеличивает разность температур между кипящим раствором и нагревающим трансформаторным маслом, таким образом, уменьшается поверхность теплообмена. Аппарат состоит из емкости (греющая камера) и вертикальных кипяtilьных труб расположенных в ней (рис. 6).



1 – корпус аппарата, 2 – трубы кипяtilьные, 3 – труба циркуляционная, 4 – паровое сепарационное пространство, 5 – брызгоуловитель.

Рисунок 6 — Выпарной вакуумный аппарат

Дистилляция проводится при низком остаточном давлении 0,13–

1,3 кПа и достаточно высокой температуре (100–150°C), так как алюминийалкилы имеют низкие давления паров, а при температуре выше 150°C многие из них термически нестойки.

Обязательное условие выполнения дистилляции является наличие герметичного оборудования, полностью исключающего окисление и самовоспламенение алюминийалкилов внутри дистилляционных установок. Целевые продукты, подаваемые на дистилляцию, получают с выходом до 80% [16].

Общий анализ способов очистки представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Анализ способов очистки

Название метода	Преимущества	Недостатки
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Отстаивание	Отсутствуют	Низкая производительность, целевой продукт содержит значительное количество твердой фазы. Опасная и трудоемкая очистка отстойника от шлама.
Центрифугирование	Достаточно быстрая очистка от шлама.	Необходимо предварительно сгущать суспензию в соотношении (Ж:Т) не менее 1,1:1.
Фильтрация	Высокая степень очистки ТИБА от шлама. Безопасные условия эксплуатации.	Дополнительный отстой алюминийалкила в течение 4–15 часов, при температуре 10–30°C при содержании алюминийалкила в исходном растворе 40–70% мас. Громоздкость технологической схемы.
Дистилляция	Высокая производительность, выход целевого продукта до 80%.	Обязательные условия подбора оборудования.

Вывод:

1. Образование шлама в растворе алюминийалкилов будет происходить даже при строгом соответствии выполнению всех параметров, которые необходимы для данного технологического режима.

2. Концентрированный ТИБА и его растворы пожароопасны. В производственном процессе шламом забиваются трубопроводы, арматура, устройства для измерения, импульсные линии, а так же при подаче раствора в систему затрудняют его дозирование. Очистление узлов от шлама очень трудоемкая и опасная работа, так как уплотненный шлам самовоспламеняется на воздухе при отсутствии нагрева, а при попадании на кожу вызывают сильные ожоги.

3. Технологический процесс очистки суспензии алюминийалкила от твердых примесей должен обеспечивать максимальную эффективность, так как наличие незначительных примесей в триизобутилалюминии приводят к получению катализатора меньшей активности, замедляется процесс полимеризации, вследствие чего ухудшается качество получаемого полимера.

4. Использование ТИБА в качестве компонента катализаторов полимеризации обусловлены высокие требования к качеству ТИБА по содержанию механических примесей. Присутствие примесей в ТИБА приводит к тому, что активность катализатора снижается, а в следствии этого, качество получаемого полимера ухудшается, тем самым ведет к браку готовой продукции.

5. Технология очистки ТИБА от шлама методом отстаиванием на ООО «Тольяттикаучук» не обеспечивает стабильного качества продукта по содержанию шлама. Отстаивание ТИБА в течение не менее 120 часов и не позволяет получить продукт высокой чистоты. Массовая доля твердых примесей в ТИБА после отстаивания составляет до 0,95%.

Поставленная задача решается способом получения ТИБА высокой чистоты методом вакуумной дистилляции при температуре 75–85°C и давлением под вакуумом 5– 10мм.рт.ст.

ГЛАВА 2. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТАДИИ ОЧИСТКИ ТИБА ОТ ШЛАМА СПОСОБОМ ВАКУУМНОЙ ДИСТИЛЛЯЦИЕЙ

Разработанный процесс получения очищенного ТИБА позволит в короткий срок и с минимальными затратами организовать производство ТИБА высокого качества.

Установка полимеризации изопрена в толуоле (изопентане) в присутствии многокомпонентного каталитического комплекса на основе $TiCl_4$ будет обеспечиваться сырьем высокого качества путем очистки ТИБА от шлама вакуумной дистилляцией.

Процесс получения ТИБА высокой степени чистоты по содержанию механических примесей (шлама) с использованием вакуумной дистилляцией состоит из следующих стадий:

1. Синтез ТИБА в среде изобутилена в соответствии с действующим регламентом производства ТИБА ТР–20–08.
2. Дистилляция ТИБА при температуре $75-85^{\circ}C$ под вакуумом 5–10мм.рт.ст.

Синтез ТИБА (ТИБА), содержание основного вещества которого составляет не менее 85% и отсутствие шлама, осуществляется путем синтеза алюминия, водорода и изобутилена в реакторах на установке ТИБА.

Получение ТИБА высокой степени чистоты производится путем вакуумной дистилляцией при температуре $75-85^{\circ}C$ и остаточном давлении 5–10 мм.рт.ст. О завершении дистилляцией судят по прекращению изменения уровня кубового продукта в аппарате. В результате получается ТИБА с полным отсутствием механических примесей.

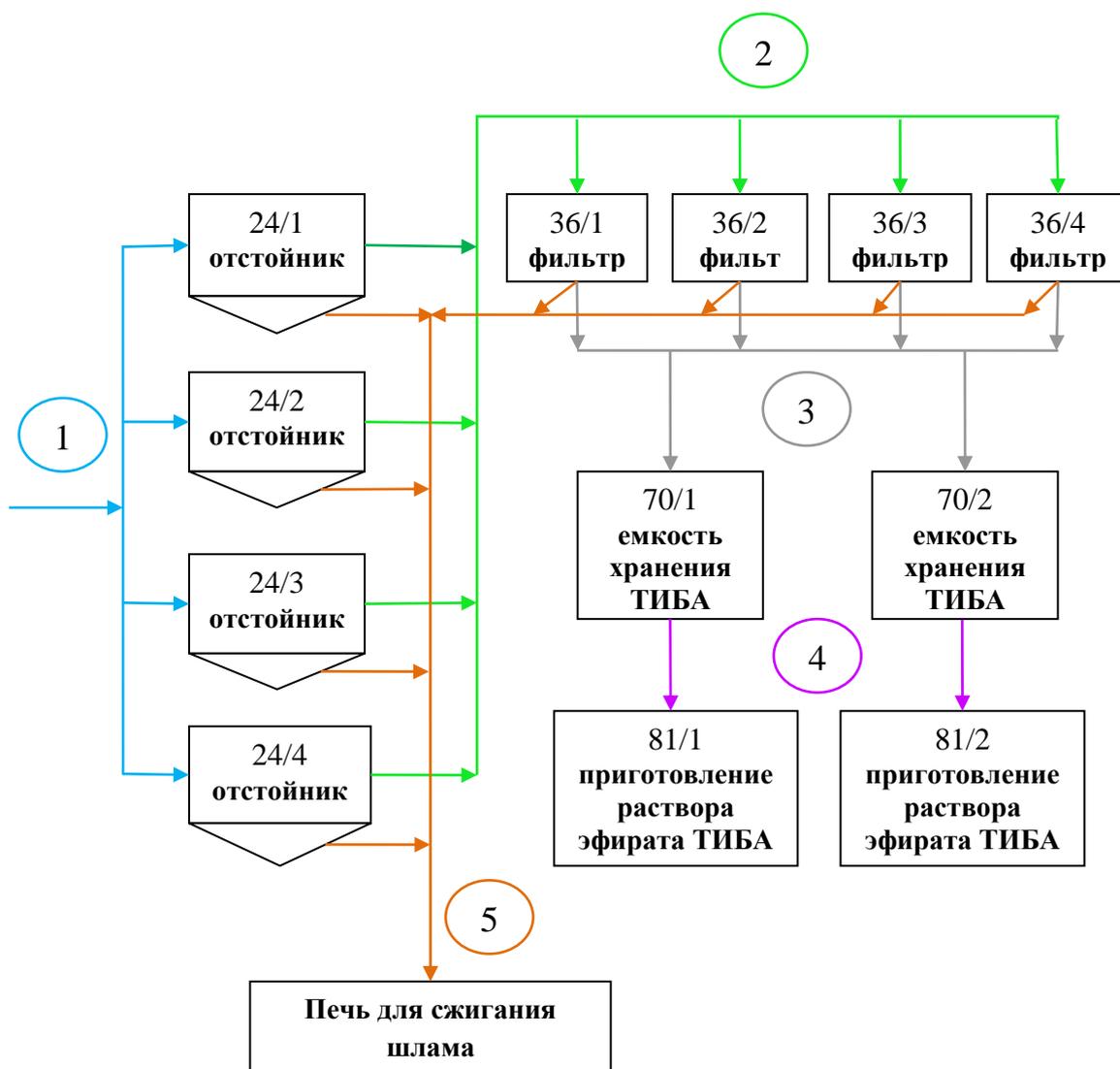
2.1 Описание существующей технологической схемы очистки ТИБА от механических примесей на ООО «Тольяттикаучук»

Реакционная масса из реакторов № 19/I-IV, принимается в аппарат-отстойник № 24/I-IV, где происходит отстой концентрированного раствора ТИБА в толуоле от не прореагировавшего алюминия–шлама.

В аппарат № 24/I-IV принимается ТИБА от нескольких операций синтеза. Перед отстоем производится перемешивание ТИБА в аппарате в течение 1-4 часов, после чего отбирается проба на анализ и содержимое аппарата № 24/I-IV ставится на отстой. Отстой производится не менее 120 часов.

Осветленный концентрированный раствор ТИБА из отстойника № 24/I-IV по плавающему сифону азотом подается в фильтры № 36/I-IV для очистки от механических примесей. Очищенный от механических примесей ТИБА после фильтров № 36/I-IV поступает в емкости № 70/I-II на хранение. По мере надобности очищенный ТИБА из емкостей № 70/I-II азотом или погружным насосом подается в емкости № 81/I, 81/II на приготовление растворов эфирата ТИБА.

Схемой предусмотрена возможность подачи осветленного ТИБА из отстойника № 24/I-IV в аппараты № 81/I, 81/II на приготовление растворов эфирата ТИБА и загрузку контейнеров для отправки ТИБА (товарного) на другие предприятия (рис. 7).



1 — реакционная масса из реакторов № 19/I-IV, *2* — осветленный концентрированный раствор ТИБА, *3* — очищенный от механических примесей ТИБА, *4* — очищенный ТИБА на приготовление растворов эфирата ТИБА, *5* — непрореагировавший алюминий (шлам)

Рисунок 7 — Схема очистки ТИБА на ООО «Тольяттикаучук»

2.1.1 Намыв фильтрующего слоя и регенерация фильтров № 36

Перед подачей ТИБА из отстойников № 24/I-IV для очистки от механических примесей на фильтрах, на патроны фильтров № 36/I-IV намывают слой кизельгура.

Суспензия кизельгура в толуоле готовится в аппарате № 35, который снабжен погружным насосом. Аппарат № 35 продувается азотом, затем через

воронку, установленную на штрак–кране, загружается 3–5 кг кизельгура из расчета на один фильтр, штрак–кран закрывается и из аппарата № 34 принимается 500–600 литров толуола. Аппарат № 35 продувается азотом и включается погружной насос для перемешивания.

Перед намывом слоя кизельгура на патроны, фильтр № 36/I-IV заполняется толуолом из аппарата № 34, после чего включается циркуляция суспензии кизельгура через фильтр. Циркуляция ведется до видимого отсутствия кизельгура в толуоле аппарата № 35, что определяется по смотровому фонарю, установленному на линии выхода фильтрата из фильтров № 36/I-IV. Давление в фильтрах № 36 во время намыва кизельгура и при фильтрации ТИБА не должно падать, в противном случае кизельгур может сползти с патронов фильтров. После намыва кизельгура на патроны в фильтры № 36/I-IV подается концентрированный ТИБА из отстойников № 24/I-IV. Очищенный от механических примесей ТИБА собирается в емкости № 70/I-II.

По мере накопления шлама в фильтрах № 36/I-IV производится их регенерация. Фильтр № 36/I-IV освобождается от ТИБА в аппарат № 24/I-IV и промывается от шлама и кизельгура толуолом в аппараты № 19а, Л-58, Л-1 после чего фильтр № 36/I-IV вновь готов для намыва слоя кизельгура [47].

2.1.2 Описание технологического оборудования

Отстойник для отстоя реакционной массы № 24 – 4шт.

Вертикальный, цилиндрический аппарат с рубашкой, снабжен мешалкой.

Объем	20м ³
Диаметр 2912 мм	
Высота	6600 мм
Расчетное давление:	
в аппарате	7 кгс/см ²
в рубашке	3 кгс/см ²
Расчетная температура	+90°С
Мощность электродвигателя	10 кВт

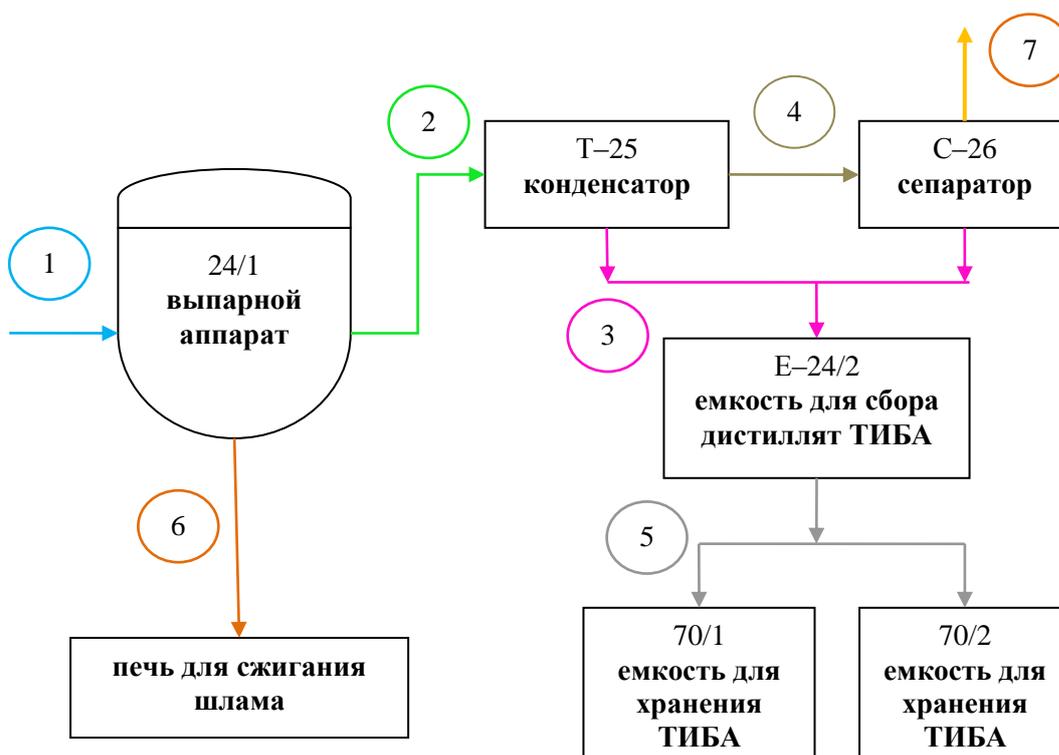
Число оборотов мешалки	48 в мин.
Исполнение	ВЗГ

2.2 Описание технологической схемы очистки ТИБА от механических примесей способом вакуумной дистилляцией

Реакционная масса из реактора 19/I–IV периодически передавливается азотом по укороченному сифону в выпарной аппарат 24/1, снабженный мешалкой и обогреваемый через рубашку трансформаторным маслом. В аппарате 24/1 производится подогрев реакционной массы до температуры 90–110°C. Остаточное давление в пределах 5–10 мм.рт.ст. создается вакуум-насосом сухого хода Н–26а/1,2. Образующиеся при этих условиях пары ТИБА поступают на охлаждение и конденсацию в кожухотрубчатый теплообменник Т–25. В качестве хладагента в теплообменник Т–25 подается трансформаторное масло, с температурой 10°C. Конденсат ТИБА собирается в емкости Е–24/2, откуда периодически передавливается в емкость 70/1–2 для хранения ТИБА.

Несконденсированные газы с унесенными каплями конденсата из теплообменника Т-25 поступает в сепаратор С-26. В сепараторе С-26 происходит разделение газовой и жидкой фазы. Унесенный с несконденсированными газами ТИБА из сепаратора С-26 поступает в емкость Е-24/2, а газовая фаза удаляется в виде отдувок насосом Н-26а через гидрозатвор Г-27, предназначенный для изоляции выхода установки от воздуха атмосферы.

По окончании перегонки шлам из аппарата 24 выводится на сжигание, очищенный ТИБА из емкости Е– 24/2 передавливается азотом в емкости для хранения 70/1–2 (рис. 8) [51].



1 – реакционная масса из реакторов № 19/I-IV, 2 – пары ТИБА, 3 – конденсат ТИБА, 4 – несконденсированные газы, 5 – очищенный от механических примесей ТИБА, 6 – непрореагированный алюминий (шлам); 7 – отдувки на факел

Рисунок 8 — Схема очистка ТИБА от механических примесей

2.3 Выбор основного промышленного оборудования

1. Оборудование и конструкционные материалы.

Углеродистая сталь, нержавеющая сталь, медь, латунь и никель являются подходящим конструкционным материалом для эксплуатационного оборудования производства. Сплавы, содержащие цинк, свинец, магний не применяются из-за возможной реакцией с ТИБА.

2. Системы трубопроводов.

Рекомендуются бесшовные трубы из углеродистой стали, целиком сварные, без соединений на резьбе, за исключением того места, где подсоединяются линии загрузки и взятия проб. Трубопроводы должны быть наклонены в направлении места стока, чтобы облегчать очистку. Важным

вопросом является обеспечение подходящими средствами для слива, промывки, продувки азотом. По возможности следует избегать обводных трубопроводов.

3. Прокладки и уплотнения.

Прокладки, наиболее широко используемые в работе с ТИБА, аналогичны асбестовым прокладкам Гарлок 900. Если используются другие типы асбестовых прокладок, должны быть приняты меры, чтобы обеспечить совместимость асбестовой прокладки с продуктом. Сложные прокладки из стали с любым из выше перечисленных материалов считаются удовлетворительными.

4. Смазочные материалы.

Многие углеводородные материалы растворяются в металлоорганических соединениях, поэтому при использовании углеводородных смазок применяется очищенное светлое масло, с целью избежать какого-то ни было загрязнения металлоорганических соединений масляными смазками. Сальники в резервуарах должны быть в зоне пара. Однако, там где неизбежен контакт между металлоорганическими соединениями и уплотнением, смазка должна подаваться под давлением, превышающем давление в сосуде. Благодаря этому алюминийалкилы не будут смачивать уплотнения.

5. Насосы и мешалки.

Для концентрированных металлоорганических соединений имеют преимущества с точки зрения безопасности насосы бессальникового типа (герметизированные, диафрагменные, поршневые). Для подачи МОС часто и более удобно и экономически выгодно использование вместо насоса азот под давлением. Выбор зависит от характера применения. Мешалки рекомендуется устанавливать сверху. Набивные сальниковые уплотнения могут быть использованы при условии, что утечка паров металлоорганических соединений доведена до минимума, чтобы предотвратить нарастание масел вокруг сальника.

6. Приборы для измерения потока.

Для измерения потока используются стандартные приборы, такие как дифференциальные манометры, а так же турбинные расходомеры или расходомеры вытеснительного типа из соответствующих материалов.

7. Клапаны.

В работе с металлоорганическими соединениями рекомендуются фланцевые, шаровые или стальные пробковые клапаны с тефлоновыми седлами и уплотнениями. Клапаны с дистанционным управлением должны быть использованы в критических местах, таких как увлажненные участки емкостей, где требуется автоматическое перекрытие. Давление воздуха используется для открытия клапана, и клапан закрывается при снижении давления воздуха. Предохранительные клапаны для сосудов, работающих под давлением воздуха, должны быть пружинного действия и иметь кованный стальной корпус.

8. Приборы для замера уровня и давления.

Мерные стекла должны иметь кованный стальной корпус и стекло Пирекс, выдерживающие минимальное рабочее давление до 70 атм. Манометры, используемые при работе с ТИБА должны иметь между манометром и рабочей емкостью прокладку, устойчивую к воздействию химических веществ.

9. Электрооборудование.

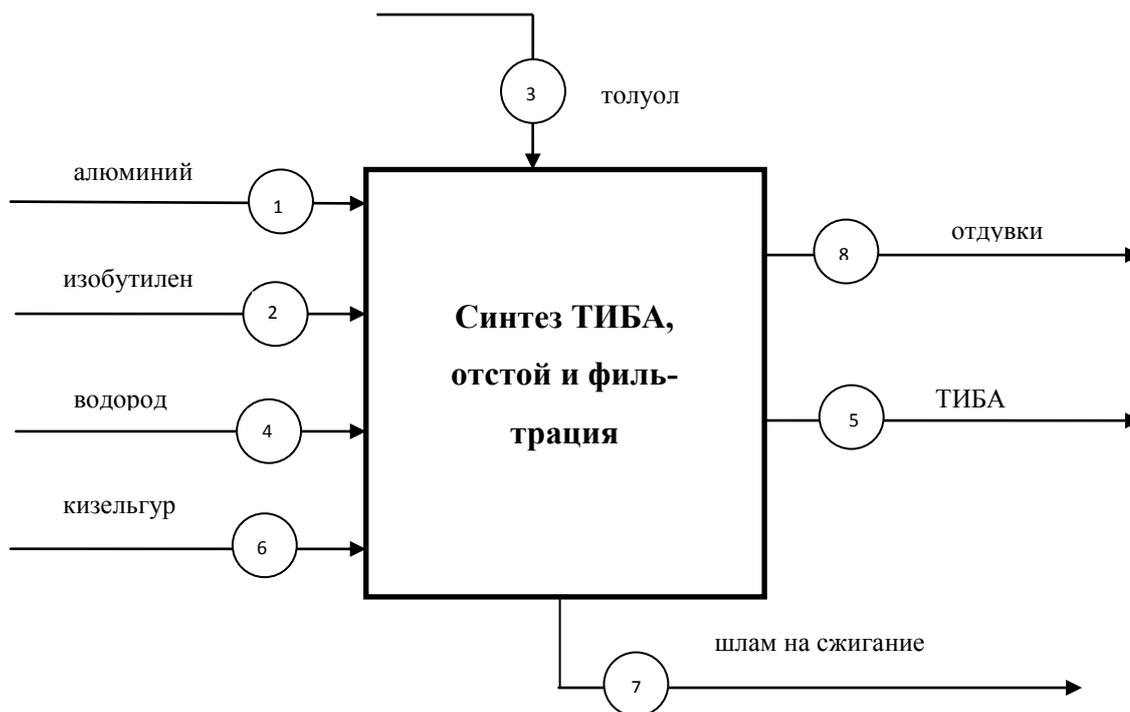
Электрооборудование должно быть взрывобезопасно. Все оборудование, особенно оборудование разгрузки и выгрузки, должно быть тщательно заземлено[13].

2.4 Материальный баланс установки очистки ТИБА на ООО «Гольяттикаучук»

Материальный баланс взят из ТР–20–08 Производства триизобутилалюминия и представлен в виде таблице 3 и блок-схемой рисунок 9

Таблица 3 – Материальный баланс производства ТИБА (на одну операцию)

Балансовые потоки	Алюминий АСД-Т		Изобутилен		Толуол		Водород		Раствор ТИБА		Кизельгур		Шлам		Отдувки	
	1	2	3	4	5	6	7	8								
Единица измерения	кг.	% масс.	кг	% масс.	кг	% масс.	кг	% масс.	кг	% масс.	кг	% масс.	кг	% масс.	кг	% масс.
Компоненты:																
Алюминий	74,98	99,0											0,38	0,3		
Изобутилен			646,3	99,95					36,16	5,7					13,06	74,66
Водород							9,02	99,9							0,006	0,04
Толуол					667,09	99,8			182,62	28,7			116,56	93,6		
ТИБА									416,94	65,6						
Изобутан			0,28	0,05											0,644	3,68
Кизельгур											1,33	100	0,27	0,2		
прочие	0,75	1,0			1,29	0,2	0,01	0,1					7,36	5,9	3,79	21,62
Всего:	75,73	100	646,58	100	668,38	100	9,03	100	635,72	100	1,33	100	124,57	100	17,5	100



Поток 1 — алюминиевый порошок марки АСД-Т

Поток 2 — изобутилен-ректификат на синтез ТИБА

Поток 3 — толуол для приготовления суспензии алюминиевого порошка

Поток 4 — очищенный и осушенный водород на синтез ТИБА

Поток 5 — раствор ТИБА в толуоле

Поток 6 — кизельгур для фильтрации ТИБА

Поток 7 — шлам на сжигание

Поток 8 — отдувки на факел

Рисунок 9 — Блок-схема материального баланса синтеза ТИБА

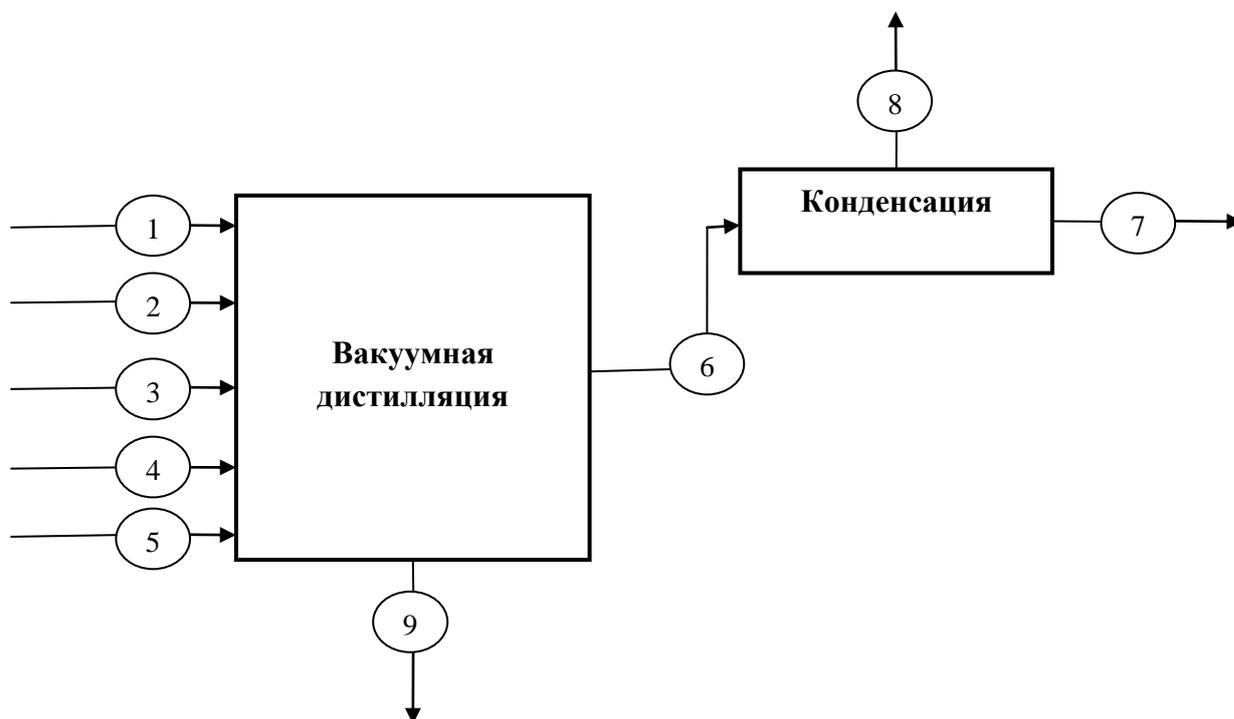
2.5 Материальный баланс установки очистки ТИБА способом вакуумной дистилляции

В рассмотренной работе количественное соотношение материальных потоков может быть предоставлено в таблице 4 и блок-схемой рисунок 10.

Таблица 4 – Материальный баланс производства ТИБА (на одну операцию)

Наименование	Реакционная масса после проведения синтеза из реакторов 19/1-4		Шлам на сжигание		Отдувки на факел		ТИБА очищенный от шлама путем вакуумной дистилляции из емкости 24/3,4	
	Приход		Расход					
	1		2		3		4	
Единица измерения	кг	% масс.	кг	% масс.	кг	% масс.	кг	% масс.
ТИБА	1152,25	83,80	98,5	47,86	0	0	949	94,9
ДИБАГ	28,88	2,10	77,8	37,80	0	0	26,2	2,62
Оксисоединения	41,25	3,00	16,45	7,99	0	0	24,8	2,48
Механические примеси	13,06	0,95	13,06	6,345	0	0	0	0
C ₄ – C ₅	139,56	10,15	0	0	169,19	100	0	0
Всего:	1375	100	205,81	100	169,19	100	1000	100

Материальный баланс синтеза ТИБА путем вакуумной дистилляции



1 – ТИБА, 2 – ДИБАГ, 3 – оксисоединения, 4 – механические примеси,
5 – $C_4 - C_5$, 6 – пары ТИБА, 7 – очищенный ТИБА от механических приме-
сей, 8 – отдувки на факел, 9 – шлам на сжигание

**Рисунок 10 — Блок схема материального баланса очистки ТИБА от ме-
ханических примесей путем вакуумной дистилляции**

2.6 Расчет поверхности основного аппарата

Определим необходимую поверхность нагрева вакуум – выпарного ап-
парата и расход греющего трансформаторного масла для выпаривания рас-
твора ТИБА. В процессе выпаривания удаляется 949 кг ТИБА за одну опера-
цию, концентрированные оксисоединения и механические примеси примерно
возрастают от 3,95 до 14,3%. По исходному (разбавленному) раствору произ-
водительность составляет 1372 кг/ч. Абсолютное давление в барометриче-
ском конденсаторе $p_0 = 0,970$ кгс/см². Слабый раствор поступает при $t_{нач} =$
75°C.

Принимаем коэффициент теплопередачи равным $1000 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$. Тепловые потери принимаем равным 5% от полезно затрачиваемой теплоты [20].

Температурный режим.

Температура пара ТИБА в сепараторе выпарного аппарата рассчитываем по формуле:

$$t_1 = t_0 + \Delta t_{г.с}, \quad (12)$$

где $t_0 = 86^\circ\text{С}$ — температура насыщенного пара ТИБА при $p_0 = 0,970 \text{ кгс}/\text{см}^2$;

$\Delta t_{г.с}$ — гидравлическая депрессия. Принимаем $\Delta t_{г.с} = 1^\circ\text{С}$.

$$t_1 = 86 + 1 = 87,0^\circ\text{С}$$

Конечная температура раствора (температура кипения раствора в сепараторе)

$$t_{\text{кон}} = t_1 + \Delta t_{\text{депр}}, \quad (13)$$

где $\Delta t_{\text{депр}} = 5,4^\circ\text{С}$ — температурная депрессия

$$t_{\text{кон}} = 87,0 + 5,4 = 92,4^\circ\text{С}$$

Средняя температура кипения раствора в трубах

$$t_{\text{кип}} = t_{\text{кон}} + \Delta t_{г.эф}, \quad (14)$$

где $\Delta t_{г.эф} = 4,2^\circ\text{С}$ — гидростатическая депрессия (гидростатический эффект).

$$t_{\text{кип}} = 92,4 + 4,2 = 96,6^\circ\text{С}$$

Количество выпариваемой выпариваемого раствора ТИБА

$$W = G_{\text{нач}} \left(1 - \frac{x_{\text{нач}}}{x_{\text{кон}}} \right) \quad (15)$$

где $G_{\text{нач}} = 1375 \text{ кг}/\text{ч}$ — производительность;

$x_{\text{нач}}$ и $x_{\text{кон}} = 3,95$ и $14,3$ — концентрированные оксисоединения и механические примеси.

$$W = \frac{1375}{3600} \times \left(1 - \frac{3,95}{14,3} \right) = 0,28 \text{ кг}/\text{с}$$

Количество теплоты, передаваемой от греющего трансформаторного масла к кипящему раствору

$$Q_{\text{т.м}} = G_{\text{нач}} \times c_{\text{нач}} (t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}) + W (i_{\text{вт.п}} - c_{\text{р-ра}} \times t_{\text{кон}}) + Q_{\text{пот}}, \quad (16)$$

где $c_{\text{нач}}$ — теплоемкость разбавленного раствора

$$c_{\text{нач}} = 4268 (1 - x_{\text{нач}}) = 4268 (1 - 0,395) = 2582 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$$

$t_{\text{нач}}$ — поступающий слабый раствор ТИБА;

$i_{\text{вт.п}} = 2274 \text{ кДж}/\text{кг}$ — удельная энтальпия пара при температуре

$$t_l = 87,0^\circ\text{C}.$$

Следовательно, с учетом тепловых потерь в 5%:

$$Q_{\text{т.м}} = 1,05 \frac{1375}{3600} \times 2582 \times (92,4 - 75) + 0,28 \times (2274 \times 10^3 - 4268 \times 92,4) = 5439 \times 10^3 \text{ Вт}$$

Общая и полезная формула разности температур:

$$\Delta t_{\text{общ}} = t_{\text{т.м}} - t_0 = 110 - 86 = 24^\circ\text{C} = 24\text{К}, \quad (17)$$

$$\Delta t_{\text{пол}} = t_{\text{т.м}} - t_{\text{кип}} = 110 - 96,6 = 13,4^\circ\text{C} = 13,4\text{К}, \quad (18)$$

где $t_{\text{м.м.}} = 110^\circ\text{C}$

Находим площадь поверхности нагрева выпарного аппарата по формуле:

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_{\text{пол}}}, \quad (19)$$

где $K = 1000 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ — принятый коэффициент теплопередачи

$$F = \frac{5439 \times 10^3}{1000 \times 13,4} = 405,9 \text{ м}^2$$

2.7 Расчет теплообмена при конденсации пара

Определяем поверхность конденсатора для конденсации паров ТИБА под абсолютным давлением 0,970 бар. Пары поступают перегретыми с температурой $T_l = 100^\circ\text{C}$.

Коэффициенты теплопередачи по зонам:

$k_{\text{пер.}} = 114 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$ (100 ккал/м·ч·град),

$k_{\text{конд.}} = 684 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$ (600 ккал/м·ч·град),

$k_{\text{окл.}} = 213 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$ (200 ккал/м·ч·град).

Определяем тепловые нагрузки по зонам:

$$Q_{\text{пер}} = G l_1 - l_n, \quad (20)$$

где $G = 280 \text{ кг/ч}$ — количество поступающего пара;

$l_n = 1390 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$ (350 ккал/кг) — энтальпия насыщенного пара;

$l_1 = 1643 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$ (397 ккал/кг) — энтальпия поступающих перегретых паров.

$$Q_{\text{пер}} = 280 \times 1643 - 1390 \times 10^3 = 70840 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{конд}} = Gr, \quad (21)$$

где $r = 234,46 \text{ Дж/кг}$ (56 ккал/г) — теплота испарения ТИБА.

$$Q_{\text{конд}} = 280 \times 234,46 \times 10^3 = 65649 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{охл}} = G C_{\text{ж}} T_n - T_2, \quad (22)$$

где $C_{\text{ж}} = 4259 \text{ Дж/кг} \cdot \text{град}$ (1,02 ккал/кг·град) — удельная теплоемкость жидкого ТИБА;

$T_n = 86^\circ\text{C}$ — температура насыщения;

$T_2 = 25^\circ\text{C}$ — охлажденный конденсат.

$$Q_{\text{охл}} = 280 \times 1,02 \times 86 - 25 = 17421 \text{ Вт}$$

Общая тепловая нагрузка:

$$Q = 70840 + 65649 + 17421 = 153910 \text{ Вт}$$

Принимая конечную температуру трансформаторного масла $t_2 = 27^\circ\text{C}$, находим ее расход при удельной теплоемкости $c = 2055 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$ (0,491 ккал/кг·град):

$$g = \frac{Q}{c t_2 - t_1}, \quad (23)$$

где $t_1 = 10^\circ\text{C}$ — температура охлаждающего трансформаторного масла

$$g = \frac{153910}{2055(27 - 10)} = 4,4 \frac{\text{кг}}{\text{сек}} = 15840 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} = 15,8 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Рассчитываем температурные напоры по зонам:

в зоне охлаждения перегретого пара

$$\begin{array}{r} 100 \longrightarrow 86 \\ 27 \longleftarrow 26 \\ \hline 73 \quad 60 \end{array}$$

$$\theta_{\text{пер}} = \frac{73 - 60}{2,3 \lg \frac{73}{60}} = 66,5^{\circ}\text{C} \quad (24)$$

в зоне конденсации

$$\begin{array}{r} 86 \longrightarrow 56 \\ 26 \longleftarrow 20,1 \\ \hline 60 \quad 35,9 \end{array}$$

$$\theta_{\text{конд}} = \frac{60 - 35,9}{2,3 \lg \frac{60}{35,9}} = 25,7^{\circ}\text{C} \quad (25)$$

в зоне охлаждения конденсата

$$\begin{array}{r} 56 \longrightarrow 25 \\ 20,1 \longleftarrow 10 \\ \hline 35,9 \quad 15 \end{array}$$

$$\theta_{\text{охл}} = \frac{35,9 - 15}{2,3 \lg \frac{35,9}{15}} = 15,3^{\circ} \quad (26)$$

Находим поверхности теплообмена по зонам:

$$F_x = \frac{Q_x}{k_x \times \theta_x} \quad (27)$$

$$F_{\text{пер}} = \frac{70840}{114 \times 66,5} = 9,34 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{конд}} = \frac{65649}{684 \times 25,7} = 3,73 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{охл}} = \frac{17421}{213 \times 15,3} = 5,35 \text{ м}^2$$

Находим общую поверхность:

$$F_{\text{общ}} = F_{\text{пер}} + F_{\text{конд}} + F_{\text{охл}} \quad (28)$$

$$F_{\text{общ}} = 9,34 + 3,73 + 5,35 = 18,42 \text{ м}^2$$

2.8 Экономическое обоснование работы

Цех ТИБА предназначен для получения триизобутилалюминия, водорода, кислорода и катализатора для производства изопреновых каучуков.

Краткая сравнительная характеристика вариантов базового и данной работы бакалавра отображена в таблице 5

Таблица 5 – Сравнение базового и проектного вариантов

Базовый вариант	Проектный вариант
<i>1</i>	<i>2</i>
Реакционная масса из реакторов принимается в аппарат-отстойник № 24/I-IV, где происходит отстой концентрированного раствора ТИБА в толуоле (изопентане) от непрореагирующего алюминия-шлама с последующей фильтрацией. Отстой производится не менее 120 часов. Энергия затрачивается 39516 руб/т. Расход сырья составляет 67034 руб/т. В процессе промышленных испытаний установлено, что технология очистки ТИБА от шлама отстаиванием с последующей фильтрацией не обеспечивает стабильного качества продукта по содержанию шлама, который влияет на качество процесса полимеризации изопренового каучука.	<ol style="list-style-type: none">1. Содержание основного вещества не менее 85 %.2. Сокращается время 1-ой операции до 20 часов, соответственно увеличивается производительность ТИБА.3. Уменьшаются затраты энергии до 12740 руб/т.4. Снижается расход сырья продукции до 64100 руб/т.

2.8.1 Расчет годовой производительности мощности

$$M = G \times K_{\text{акт}}, \quad (29)$$

где G – производительность аппарата за 1 период работы, т/час;

$K_{\text{акт}}$ – количество актов в год, час.

$$G_{\text{баз}} = 0,786 \times 80 = 62,9 \text{ т} \text{ – за одну операцию}$$

$$G_{\text{проект}} = 0,786 \times 40 = 31,4 \text{ т} \text{ – за одну операцию}$$

где $0,786 \text{ г/см}^2$ – плотность ТИБА;

80 м^3 – в процессе принимают участие 4 емкости по 20 м^3 каждая;

40 м^3 – в процессе принимают участие 2 емкости по 20 м^3 каждая.

$$K_{\text{акт}} = \text{Ч}_q / T, \quad (30)$$

где Ч_q – количество часов в году могут работать, час;

T – период работы, час;

$T_{\text{баз}} = 124 \text{ ч}$ – длится 1 акт (реграментные данные);

$T_{\text{проект}} = 20 \text{ ч}$ – длится 1 акт по данной бакалаврской работе.

$$\text{Ч}_q = 8760 - 336 = 8424 \text{ ч}$$

где 8760 – часов в году;

336 – останов на капитальный ремонт.

$$K_{\text{акт баз.}} = \frac{8424}{124} = 68 \text{ актов в год}$$

$$K_{\text{акт проект}} = \frac{8424}{20} = 422 \text{ акта в год}$$

отсюда,

$$M_{\text{баз}} = 62,9 \times 68 = 4277 \text{ т/год}$$

$$M_{\text{проект}} = 31,4 \times 422 = 13250,8 \text{ т/год}$$

Результаты расчетов по базовому и бакалаврской работе сводятся в таблице 6

Таблица 6 – Расчет годовой мощности основного оборудования

Показатели	Базовый процесс	Бакалаврская работа
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1. Календарная продолжительность года, сут.	365	365
2. Плановые простои оборудования, сут.	14	14
3. Эффективное время работы оборудование, сут.	351	351
4. Эффективное время оборудования, час.	8424	8424
5. Годовая производительность, т/год.	4277	13250,8

2.8.2 Расчет капитальных вложений (инвестиций)

В данном разделе рассчитываются все капитальные затраты, связанные с внедрением разрабатываемой работой:

– затраты на приобретение и монтаж вновь вводимого оборудования.

Капитальные затраты на оборудование складываются из прямых затрат на его приобретение и сопутствующих затрат [50].

$$K_{п.об} = K_{об} + K_{соп}, \quad (31)$$

где $K_{об}$ – затраты на приобретение нового оборудования, руб;

$K_{соп}$ – сопутствующие затраты, руб.

$$K_{п.об} = 5800000 + 5833357 = 11633357 \text{руб}$$

Сначала рассчитываются прямые капитальные вложения в основное оборудование. Это затраты, которые понесет предприятие непосредственно на приобретение оборудования. Результаты расчета в таблице 7.

Таблица 7 – Прямые капитальные вложения в основное оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость оборудования, руб	
			за ед.	всего
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
1	Теплообменный аппарат	1	700 000	700 000
2	Насос вакуумный	2	2 000 000	4 000 000
3	Гидрозатвор	1	500 000	500 000
4	Сепаратор	1	600 000	600 000
	Итого		3 800 000	$K_{об} = 5 800 000$

Производим расчет сопутствующих капитальных вложений. Сопутствующие капитальные вложения складываются из затрат на проектирование нового оборудования, затрат на доставку приобретенного оборудования, его

монтаж, обвязку трубопроводами, оснащение контрольно-измерительными приборами (КИП), пуско-наладочные работы.

Затраты на проектирование рассчитываются по формуле:

$$K_{\text{пр}} = T_{\text{пр}} \times Z_{\text{Кчас}}, \quad (32)$$

где $T_{\text{пр}}$ – трудоемкость проектирования оборудования, час;

$Z_{\text{Кчас}}$ – часовая заработная плата конструктора, руб.

$$K_{\text{пр}} = 176 \times 107,14 = 18\,857 \text{ руб.}$$

Трудоемкость принимаем равной минимальной длительности выполнения дипломной работы, что составляет 640 часов (16 недель). Для инженерно-технических работников, как правило, устанавливается месячный оклад. Поэтому, чтобы определить часовую заработную плату разработчика необходимо размер оклада разделить на средний месячный часовой фонд по формуле [50]:

$$Z_{\text{Кчас}} = \frac{O_{\text{к}}}{168} = \frac{18000}{168} = 107 \text{ руб.} \quad (33)$$

Затраты на доставку и монтаж оборудования, обвязку трубопроводами, оснащение КИП принимаем в процентах от стоимости оборудования:

- доставка 2% ($K_{\text{дост}}$) = 116000 руб;
- монтаж оборудования 10 % ($K_{\text{монт}}$) = 580000 руб;
- обвязка трубопроводами 8% ($K_{\text{труб}}$) = 464000 руб;
- оснащение КИП 3% ($K_{\text{кип}}$) = 174000 руб;
- пуско-наладочные работы 2% ($K_{\text{пн}}$) = 116000 руб.

Сопутствующие капитальные затраты на оборудование рассчитываются по формуле:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{об}} \times \frac{K_{\text{дост}} + K_{\text{монт}} + K_{\text{труб}} + K_{\text{кип}} + K_{\text{пн}}}{100\%} \quad (34)$$

$$K_{\text{соп}} = 18857 + 5800000 \frac{116000 + 580000 + 464000 + 174000 + 116000}{100} \\ = 5833357 \text{ руб.}$$

2.8.3 Расчет себестоимости продукции

Расчет ведется по каждой статье калькуляции базового проекта и бакалаврской работе.

2.8.4 Расчет расходов на сырье и полуфабрикаты

Сначала определим расходы на сырье и вспомогательные материалы. Поскольку проект предусматривает изменение технического процесса, поэтому расходные нормы отличаются от базового проекта. Расход на сырье и материалы представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Расход сырья на одну тонну продукции

Вид сырья и материалов	Единица измерения	Расход на одну тонну продукции		Цена за единицу измерения (руб.)	Сумма (руб.)	
		базовый	проект		базовый	проект
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Алюминий	кг	171	144	150	25650	21600
Изобутилен	кг	1063	900	18	19134	16200
Изопентан	кг	1052	890	25	26300	22250
Итого:					71084	60050

Годовой расход сырья, материалов и полуфабрикатов определяется по формуле:

$$P_{\text{с.год}} = P_{\text{час}} \times \Phi_{\text{э}}, \quad (35)$$

где $P_{\text{год}}$ – годовой расход сырья и полуфабрикатов, тон;

$P_{\text{час}}$ – часовой расход сырья и полуфабрикатов, тон/час;

$\Phi_{\text{э}}$ – среднегодовой плановый фонд времени работы, ч.

Расход сырья на одну тонну продукции рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{с.уд}} = \frac{P_{\text{год}}}{M}, \quad (36)$$

где M – производственная мощность аппарата.

2.8.5 Расчет расходов на топливо и энергию

Расчеты топлива и энергии приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет топлива и энергии на одну тонну продукции

Вид топлива, энергии	Единица измерения	Расход на одну тонну продукции, $P_{т.уд}$		Цена за единицу измерения (руб.)	Сумма, руб.	
		базовый	проект		базовый	проект
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1. Электроэнергия	кВт/ч	78	9,8	2	156	19,6
2. Трансформаторное масло	кг	656	212	60	39360	12720
Итого:					39516	12739,6

2.8.6 Расчет расходов на содержание и эксплуатацию оборудования

По данной статье учитываются следующие затраты:

- 1) амортизация оборудования (принимается по данным базового предприятия и по данным таблицы) – 15 %;
- 2) текущий ремонт и содержание оборудования (затраты на запасные части, материалы и накладные расходы) – 30 % от амортизации оборудования;
- 3) износ и восстановление инструментов и приспособлений – 5 % от амортизации оборудования;
- 4) прочие расходы – 1 % от амортизации оборудования.

Затраты на одну тонну продукции рассчитываются по формуле:

$$P_{об.уд} = \frac{P_{об}}{M}, \quad (37)$$

где $P_{об}$ – сумма затрат на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.

Расчет расходов на содержание и эксплуатацию оборудования базового проекта и бакалаврской работы отображен в таблице 10.

Таблица 10 – Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

Наименование статей	Сумма, руб., $P_{об}$	
	базовый	проект
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1. Амортизация оборудования	870 000	870 000
2. Текущий ремонт и содержание оборудования	261 000	261 000
3. Износ и восстановление инструментов	43 500	43 500
4. Прочие расходы	8 700	8 700

Продолжение таблицы 10

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Итого:	1 183 200	1 183 200
Затраты на одну тонну $P_{об.б}$	276,6	89,3

2.8.7 Расчет цеховых расходов

По данной работе учитываются следующие затраты:

- 1) амортизация по данным базового проекта предприятия;
- 2) содержание зданий по данным базового проекта предприятия;
- 3) затраты на научно-исследовательские, опытно-конструкторские работы и рационализацию – 2 % от общей заработной платы всех работников;
- 4) затраты на охрану труда – 5% от зарплаты всех работающих;
- 5) прочие расходы – 0,5 % от всех работающих.

Расчет производится по формуле:

$$P_{ц.уд} = \frac{P_{ц}}{M}, \quad (38)$$

где $P_{ц}$ — цеховые затраты, руб.

Результаты расчетов приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет расходов установки

Наименование статей расходов	Сумма, руб., $P_{ц}$	
	базовый	проект
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1. Амортизация зданий	50 000	50 000
2. Содержание зданий	150 000	150 000
3. Затраты на НИОКР	95 377	95 377
4. Затраты на охрану труда	238 442	238 442
5. Прочие расходы	23 844	23 844
Итого:	557 663	557 663
Расходы на одну тонну продукции	130	42

2.8.8 Расчет экономической эффективности бакалаврской работы

Определим ожидаемую прибыль (условно-годовую экономию) от снижения себестоимости продукции по формуле:

$$Pr_{ож} = C_{баз} - C_{проект} \times M_{проект}, \quad (39)$$

где $C_{\text{баз}}$ – себестоимость одной тонны продукции по базовому проекту предприятия;

$C_{\text{п.проект.}}$ – себестоимость одной тонны продукции по бакалаврской работе.

$$\text{Пр}_{\text{ож}} = 111006,6 - 72921 \times 13250,8 = 504664668 \text{ руб.}$$

Определим налог на прибыль по формуле:

$$H_{\text{пр}} = \frac{\text{Пр}_{\text{ож}} \times K_{\text{нал}}}{100}, \quad (40)$$

где $K_{\text{нал}}$ – ставка налога на прибыль (20 %).

$$H_{\text{пр}} = \frac{504664668 \times 20}{100} = 100932934 \text{ руб/год}$$

Чистая ожидаемая прибыль:

$$\text{Пр}_{\text{чист}} = \text{Пр}_{\text{ож}} - H_{\text{пр}} \quad (41)$$

$$\text{Пр}_{\text{чист}} = 504664668 - 100932934 = 403731734 \text{ руб/год.}$$

Вывод:

Технико-экономические показатели бакалаврской работы отображены в таблице 12.

Таблица 12 – Технико-экономические показатели бакалаврской работы

Показатели	Единица измерения	Значение показателя базового варианта	Значения показателя проектного варианта
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1. Производственная мощность	т/год	4277	13250,8
2. Расход на топливо и энергию	руб/т	39516	12739,6
3. Условно-годовая экономия	руб.	–	504664668
4. Капитальные вложения	руб.	–	11633357
5. Чистая прибыль	руб.	–	403731734

Данная разработка технического решения получения ТИБА высокой чистоты путем вакуумной перегонки выгодна, так как приносит ежегодную чистую прибыль в размере 403731734 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В данной бакалаврской работе разработана и представлена возможность получения ТИБА высокой степени чистоты путем вакуумной дистилляцией, который участвует в процессе полимеризации изопренового каучука и тем самым обеспечить качество готовой продукции в целом.

2. Предполагаемое техническое решение позволит добиться выхода целевого продукта (ТИБА) до 85%.

3. Сокращается время 1-ой операции до 20 часов, тем самым увеличивается производительность ТИБА.

4. Выполненные расчеты показывают, что данное техническое решение в дальнейшем принесет предприятию прибыль за счет увеличения производительности и соответственно снижения расходов на сырье и энергоресурсах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Альперт, Л.З. Основы проектирования химических установок / Л.З. Альперт. – М.: Высш. шк., 1982. – 304 с.
2. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с неподвижными трубными решетками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе. Общие технические условия: ТУ 3612-002-48158319-2008 – Изд. дек. 2002 — Взамен ТУ26-02-925-81, ТУ26-02-1090-88, ТУ26 – 02-1105-89; введ. 09.12.2002.
3. Артеменко, А.И. Удивительный мир органической химии / А.И. Артеменко. – М.: Высшая школа, 2004. – 258с.
4. Балаев, Г.А. Полимерные материалы / Г.А. Балаев. – Л.: Химия, 1982. – 195с.
5. Березин, Б.Д. Курс современной органической химии / Б.Д. Березин. – М.: Высшая школа, 2001. – 258с.
6. Бесков, С.Д. Технохимические расчеты / С.Д. Бесков. – М.: Высшая школа, 1965. – 519с.
7. Брейман, М.И. Инженерные решения по технике безопасности в пожаро- и взрывоопасных производствах / М.И. Брейман. – М.: Химия, 1973. – 344 с.
8. Вагафтик, Н.Б. Справочник по теплопроводности жидкостей и газов / Н.Б. Варгафтик, Л.П. Филиппов, Л.А. Тарзиманов, Е.Е. Тонкий. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352с.
9. Гельперин, Н.И. Выпарные аппараты / Н.И. Гельперин. – М.: Госхимиздат, 1947. – 380 с.
10. Гельперин, Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии / Н.И. Гельперин. – М.: Химия, 1981. – 812с.
11. Глинка, Н.Л. Общая химия / под ред. В.А. Рабиновича. – Л.: Химия, 1986. – 706с.

12. Дожкин, Л.Н. Трансформаторы тепла / Л.Н. Дожкин. – М.: Машгиз, 1948. – 312 с.
13. Долин, П.А. Справочник по технике безопасности / П.А. Долин. – М.: Энергоиздат, 1998. – 800с.
14. Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие /под редакцией Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1991.– 497с.
15. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии / Ю.И. Дытнерский ч.1,2. – М.: Химия, 1995.– 730 с.
16. Жигач, А.Д. Способ перегонки триизобутилалюминия. / А.Д. Жигач [и др.] – патент №131351 – М: Биллетене изобретений, 1960.
17. Жигача, А.Ф. Аллюминийорганические соединения/ А.Ф. Жигача. – М: Издательство иностранной литературы, 1962. – 320с.
18. Игнатович, Э. Химическая техника. Процессы и аппараты. Часть 1-3/ Э. Игнатович. – М.: Техносфера, 2007. – 656с.
19. Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко [и др] – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 417 с.
20. Касаткин, А.Г.Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. – М.: Химия, 1971. – 784 с.
21. Кац, Н.Г. Химическое сопротивление материалов и защита оборудования нефтегазопереработки от коррозии / Н.Г. Кац.– М.: Машиностроение, 2011. – 436с.
22. Кичигин, М.А. Теплообменные аппараты и выпарные установки / М.А. Кичигин, Г.Н. Костенко. – М.Л.: Госэнергоиздат, 1955. – 392 с.
23. Колач, Т.А.Выпарные станции / Т.А. Колач, Д.В. Радун. – М.: Машгиз, 1963. – 400 с.
24. Корнеев, Н.Н. Аллюминийорганические соединения. Свойства, способы получения, применение, методы аналитического контроля, основ-

ные правила обращения. / Н.Н. Корнеев, Н.Н. Говоров, М.В. Томашевский. – М.: НИИТЭхим, 1988. – 310 с.

25. Корнеев, Н.Н. Комплексные металлоорганические катализаторы / Н.Н. Корнеев, А.Ф. Попов, Б.А. Кренцель. – М.: Химия, 1969. – 208 с.

26. Корнеев, Н.Н. Химия и технология алюминийорганических соединений / Н.Н. Корнеев. – М.: Химия, 1979. – 256 с.

27. Корольченко, А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ, материалов и средства их тушения: справочник в 2-х томах. / А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004. 1-й том – 713 с., 2-й том – 774с.

28. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств / В.И. Косинцев., А.И. Михайличенко. – М.: Академкника, 2005. – 332с.

29. Кузнецов, А.А. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности / А.А. Кузнецов, С.М. Канерманов, Е.Н. Судяков. – Л.: Химия, 1974. – 344с.

30. Курочкин, А.А. Основные расчеты и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств / А.А. Курочкин, В.М. Зимняков. – М.: КолосС, 2006. – 320с.

31. Лашинский, А.А. Основы конструирования и расчеты химической аппаратуры / А.А. Лашинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.

32. Лебедев, Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза / Н.Н. Лебедев Н.Н. – 3-е изд. – М.: Химия, 1981. – 592 с.

33. Маркелова, А.Т. Справочник конструктора-технолога теплоэнергетика/ А.Т. Маркелова. – М.: Энергия, 2003. – 860 с.

34. Машины и аппараты химических производств: учебное пособие для студ. вузов / под ред. А.С. Тимонин. – Калуга.: Изд. Н. Бочкаревой, 2007. – 872с.

35. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): учеб. пособие для вузов. / П.Г. Романков, [и др.] – СПб.: Химия, 1993. – 496 с.
36. Надежность оборудования химических и нефтеперерабатывающих производств: учеб. пособие для студ. вузов / В.С. Шубин, Ю.А. Рюмин. – М.: КолосС, 2006. – 359 с.
37. Несмеянов, А.Н. Методы элементоорганической химии. Бор, алюминий, галлий, индий, таллий / А.Н. Несмеянов, Р.А. Соколик. – М.: Наука, 1964. – 500 с.
38. Общая химическая технология: учеб. для техн. вузов / А.М. Кутепов, Т.И. Бондарева, М.Г. Беренгартен.– 2-е изд. – М.: Высш. шк., 1990. – 520 с.
39. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: учебник для вузов. Кн. 1,2. / под общ. ред. В.Г. Айнштейна. – М.: Химия, 1999. – 869 с.
40. Официальный сайт ООО «Тольяттикаучук» [электронный ресурс], – «URL»: <http://www.sibur.ru/tk/> (дата обращения 03.03.2016).
41. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии /К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. 13-е издание, стереотипное. – М.: «Альянс», 2006. – 576 с.
42. Перегубов, А.С. Триизобутиллалюминий / А.С. Перегубов/ РБК. – 2012. – №5 (10). – С. 12–14.
43. Перри, Д.Г. Справочник инженера – химика / Д.Г. Перри. – М.: Химия, 1970. – 202 с.
44. Плановский, А.Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / А.Н. Плановский, П.И. Николаев. – М.: Химия, 1987. – 540 с.
45. Плановский, А.Н. Процессы и аппараты химической технологии / А.Н. Плановский, В.М. Рамм, С.З. Коган. – 5-е изд.– М.: Химия, 1968. – 847с.

46. Поникаров, И.И. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки / И.И. Поникаров., С.И. Поникаров., С.В. Рачковский. – М.: Альфа MISBN, 2008. – 721с.
47. Производство триизобутилалюминия. Технические условия: ТР-20-08 – Изд. нояб. 2012 с Доп. 1; введ. 14.10.2012.
48. Рамм, В.М. Теплообменные аппараты / В.М. Рамм. – М.: Госхимиздат, 1948. – 209 с.
49. Романков, П.Г. Общие основы химической технологии: Разработка и проектирование технол. процессов / Пер. с пол. под ред. П.Г. Романкова, М.И. Курочкиной. – Л.: Химия, 1977. – 503 с.
50. Сергеев, А.В. Методические указания к выпускной квалификационной работе (экономическое обоснование работы) / А.В. Сергеев. – Тольятти: ТГУ, 2007. – 29с.
51. Теплотехнический справочник / под.ред. С.Г. Герасимова. – М.: Энергия, 1957. – 386 с.
52. Тимонин, А.С. Основы конструирования и расчеты технологического и природоохранного оборудования: справочник. Т.1/ А.С. Тимонин. – Калуга: Издательство Н.Бочкаревой, 2002. – 852с.
53. Тищенко, И.А. Теория и расчет многокорпусного выпарного аппарата / И.А. Тищенко. – М.: МИХМ, 1938. – 421 с.
54. Толстикова, Г.А. Аллюминийорганические соединения в органическом синтезе / Г.А. Толстикова, У.М. Джемилеев. – Н.: Российская академия наук. Институт нефтехимии и катализа, 2009. – 251 с.
55. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожарных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. Серия 09. Выпуск 37.— 2-е изд., доп. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2013.— 126 с.

56. Фелленберг, Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию: пер. с нем. / Г. Фелленберг. – М.: Мир, 1997. – 232с.
57. Чернобыльский, И.И. выпарные установки. Основы теории и расчета / И.И. Чернобыльский. – К.: Киевский Гос. ун-та, 1960. – 251 с.
58. Чернобыльский, И.И. Машины и аппараты химических производств / И.И. Чернобыльский [и д.р.] – М.: МАШГИЗ, 1961. – 495 с.
59. Чечеткин, А.В. Высокотемпературные теплоносители / А.В. Чечеткин. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1971. – 496 с.
60. Шубин, В.С. Прикладная надежность химического оборудования / В.С. Шубин. – Калуга: Н. Бочкаревой, 2002. – 296с.
61. Энциклопедический справочник машиностроения / Е.А Чудакова. – М.: Директива Паблишен / 2006 – 1250с.
62. Энциклопедия .Машиностроение./том 2 под ред. М.Б. Генералова. М.: Машиностроение. 2005. – 255 с.