

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»

(наименование)

18.03.01 Химическая технология

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Химическая технология органических и неорганических веществ

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Оптимизация технологии регенерации отработанных масел на
предприятии АО «Фосфохим»

Обучающийся

А.П. Трушников

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Ю.В. Чариков

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Аннотация

Бакалаврскую работу выполнил студент группы ХТбз-1802а: Трушников Алексей Петрович.

Тема бакалаврской работы: Оптимизация технологии регенерации отработанных масел на предприятии АО «Фосфохим».

Научный руководитель бакалаврской работы: Чариков Юрий Викторович.

Цель бакалаврской работы является эффективное и рациональное перемешивание многофазной рабочей среды в реакторе, гарантируя при этом высокую степень перемешивания до однородной массы.

Объектом исследования является технологическая схема регенерации отработанных масел предприятия АО «Фосфохим».

Бакалаврская работа состоит из 62 страницы, 10 таблиц, 13 иллюстраций, а также имеется графическая часть. Составлен расчет материального и теплового баланса новой установки. Рассчитаны конструктивные размеры основных частей реактора.

Содержание

Введение.....	4
1 Теоретическая часть.....	5
1.1 Теоретические основы технологии регенерации отработанных масел	5
1.2 Физико-химические основы процесса получения пластичных смазок.....	7
1.3 Применяемое оборудование в производстве	10
1.4 Патентный поиск	14
2 Технологическая часть.....	19
2.1 Общая характеристика производства смазки литол-24. Анализ технологической схемы на предприятии АО «Фосфохим»	19
2.2 Характеристика исходного сырья, целевого, продукта, материалов, полупродуктов и энергоресурсов.....	25
2.3 Контроль и управление технологическим процессом	27
2.4 Аналитический контроль	29
2.5 Описание оптимизации применяемого оборудования.....	36
3 Расчетная часть.....	39
3.1 Расчет материального баланса новой установки.....	39
3.2 Расчет теплового баланса новой установки.....	41
3.3 Конструктивный расчет аппарата	45
3.3.2 Расчет рубашки аппарата.....	48
3.3.3 Расчет перемешивающего устройства	51
Заключение	56
Список используемой литературы и используемых источников.....	57

Введение

На сегодняшний день большое внимание уделяется рациональному использованию отработанных нефтепродуктов, так как их применяют во всех сферах жизни человека. С помощью технологии регенерации отработанные нефтепродукты применяются повторно или перерабатываются.

Объектом исследования является технологическая схема регенерации отработанных масел предприятия АО «Фосфохим». Проектная производительность по регенерации отработанных масел составляет 11000 кг, получая готовую продукцию в виде пластичной смазки литол-24. Время производственного цикла составляет 48 часов.

Предметом исследования является технологии регенерации отработанных масел.

Цель бакалаврской работы является создание эффективного и рационального перемешивания многофазной рабочей среды в реакторе, гарантируя при этом высокую степень перемешивания до однородной массы.

Для достижения поставленной цели будут решаться следующие задачи:

- выполнить анализ применяемой технологии регенерации отработанных масел на предприятии АО «Фосфохим» с целью выявления недостатков в технологическом процессе;
- выполнить оптимизацию технологического процесса, которая будет направлена на эффективное и рациональное перемешивание многофазной рабочей среды в реакторе;
- выполнить конструктивный расчет реактора для перемешивания многофазной рабочей среды;

Современное научное исследование данной работы заключается в изучении применяемых перемешивающих устройств, которые способны эффективно и рационально перемешивать многофазную рабочую среду в реакторе, гарантируя при этом высокую степень перемешивания до однородной массы.

1 Теоретическая часть

1.1 Теоретические основы технологии регенерации отработанных масел

На сегодняшний день большое внимание уделяется рациональному использованию отработанных нефтепродуктов, так как их применяют во всех сферах жизни человека. С помощью технологии регенерации отработанные нефтепродукты применяются повторно или перерабатываются. Такое решение позволяет расширить топливно-энергетические ресурсы, тем самым предотвращается загрязнение окружающей среды.

В промышленности технология регенерации получила огромное развитие. Согласно ГОСТ 21046-2021 [7] все отработанные нефтепродукты подразделяются на следующие группы:

- масла моторные отработанное (ММО);
- масла индустриальные отработанные (МИО);
- смесь нефтепродуктов отработанных (СНО).

В зависимости от применяемых технологий регенерации с добавлением присадок, получают товарные масла, такие как моторное, трансмиссионное, гидравлическое, СОЖ (смазочно-охлаждающая жидкость); пластичные смазки [33].

Для восстановления использованных масел применяются различные технологические процессы, которые основаны на физических, физико-химических и химических принципах. Они направлены на очистку масла от продуктов старения и загрязнений. Обычно процесс восстановления включает следующие этапы:

- механическую очистку, чтобы удалить из масла свободную воду и твердые частицы;

- теплофизическую обработку, такую как выпаривание или вакуумную перегонку;

- физико-химическую обработку, включающую коагуляцию и адсорбцию.

Механическая очистка осуществляется с помощью фильтров и центрифуг. Они удаляют крупные загрязнения, такие как песок и глина, а также свободную воду, которая может присутствовать в масле. Это важный шаг, так как наличие воды может негативно сказываться на работе масла и приводить к его деградации.

После механической очистки масло подвергается теплофизической обработке. Это может быть выпаривание, при котором масло нагревается до определенной температуры, чтобы испарить легкие фракции, которые могут содержать загрязнения. Вакуумная перегонка также используется для удаления легких фракций и газов из масла под вакуумом.

Физико-химическая обработка включает такие процессы, как коагуляция и адсорбция. Коагуляция осуществляется путем добавления специальных химических веществ, которые помогают сгруппировать мелкие частицы загрязнений в более крупные, чтобы их можно было легче удалить. Адсорбция включает использование адсорбентов, которые притягивают загрязнения и удаляют их из масла.

Если вышеуказанные методы неэффективны, могут быть применены химические способы восстановления масел. Они требуют более сложного оборудования и больших затрат, но могут быть необходимы в случаях, когда другие методы не могут обеспечить достаточную очистку масла. Важно отметить, что процесс восстановления масел является важным для продления их срока службы и обеспечения их эффективной работы, позволяющее сохранить качество масла и предотвратить его деградацию, что в конечном итоге экономит ресурсы и снижает воздействие на окружающую среду.

Сегодня большое внимание уделяется технологиям регенерации индустриального масла И-40А, МИО, а также базовым остаточным маслам, так как они используются во всех сферах промышленности. С помощью регенерации данных масел, можно получить пластичные смазки [31]. Для дальнейшей работы рассмотрим физико-химические основы процесса получения пластичных смазок.

1.2 Физико-химические основы процесса получения пластичных смазок

Пластичные смазки на основе литиевого мыла были впервые изготовлены Эрлом в 1942 г. Позднее стали выпускать смазки на основе 12-гидроксистеарата лития – открытые Фрезером в 1946 г. Его также называют литиевое мыло. Химическое соединение 12-гидроксистеарата лития [30]:

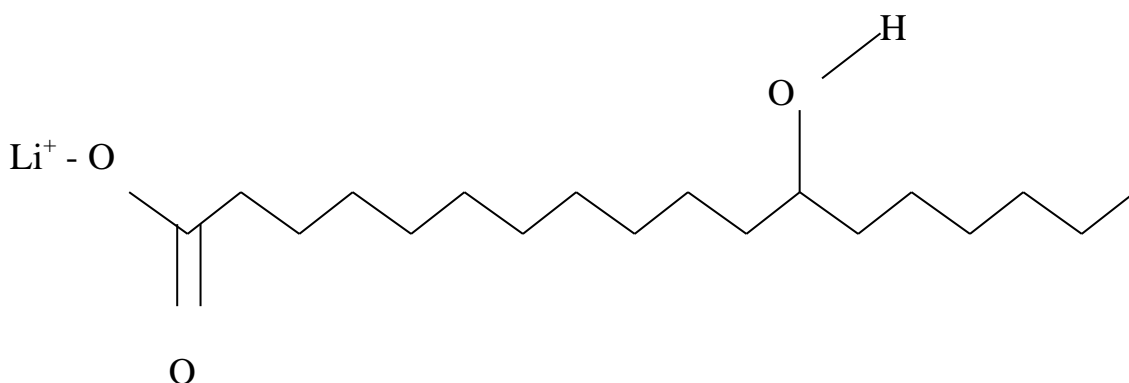


Рисунок 1 – Химическое соединение 12-гидроксистеарата лития

«В настоящее время их обычно изготавливают путем взаимодействия порошкообразного или растворенного в воде гидроксида лития с 12-гидроксистериновой кислотой или ее глицеридом в минеральных или синтетических маслах. На выбор реагента — свободной кислоты или ее глицерида — влияет соотношение затрат и рабочих характеристик. Температура реакции составляет от 160 до 250°C и зависит от базового масла

и типа используемого реактора. Температура каплепадения смазки на основе минерального масла *NLGI2* находится в интервале от 185 до 195°C. Требуемое содержание мыла в подобной многоцелевой смазке составляет около 6% масс., при использовании нафтенного масла; около 9% масс., при использовании парафинового масла; и около 12% масс., при использовании ПАО; кинематическая вязкость составляет около 100 мм²с⁻¹ при 40°C, загущающий эффект зависит не только от распределения углерода в базовом масле, но также и от его вязкости» [4].

«Размер волокон в пластичных смазках на основе 12-гидроксистеарата лития обычно попадает в интервал от 0,2x2 до 0,2x20 мкм. Хорошие универсальные характеристики, в частности высокая температура каплепадения, хорошая водостойкость и прочность на сдвиг, обусловленные водородными связями гидроксильных групп, а также хорошая реакция на добавление присадок — основные причины, по которым пластичные смазки на основе 12-гидроксистеарата лития являются наиболее популярными смазками на протяжении более полувека. Область их использования широка: от применения в качестве пластичных смазок при экстремальных давлениях на основе масел с кинематической вязкостью приблизительно от 200 до 120 мм²/с при 40°C — для больших нагрузок; универсальных (многоцелевых) смазок на основе минеральных масел с кинематической вязкостью приблизительно от 60 до 1000 мм²/с при 40°C — для всех типов подшипников, пластичных смазок, изготовленных с добавлением диэфиров или ПАО-масел с кинематической вязкостью от 15 до 30 мм²/с для высоких скоростей, до смазок для передаточных механизмов, содержащих нерастворимые в маслах полиакиленгликоли. Нижний температурный предел применения пластичной смазки, загущенной литиевым мылом, так же, как и для всех прочих пластичных смазок, зависит главным образом от физических характеристик базового масла. Верхний температурный предел определяют испытанием с постепенным повышением температуры на испытательной

установке FAG FE9 согласно DIN 51 821 и DIN 51 825. И вновь, в зависимости от свойств базового масла, верхний предел попадает в интервал между 120 и 150°C. Очевидно, что интервал между температурой каплепадения и верхней предельной температурой применения может составлять от 60 до 100°C. В качестве критерия определения как нижнего, так и верхнего температурного предела было предложено маслоотделение. В последние годы предпринимались попытки улучшения структурной стабильности смазок на основе литиевого мыла за счет применения реактивных полимеров» [29].

Дисперсионной средой литиевых смазок являются следующие масла:

- индустриальное масло И-12А;
- индустриальное масло И-40А;
- веретенное масло АУ;
- авиационное масло МС-20;
- масло базовое остаточное.

Дисперсная фаза - литиевое мыло (соль жирной кислоты) получается в результате реакции нейтрализации 12-оксистеариновой кислоты с водным раствором гидроксида лития. Реакция нейтрализации протекает по схеме:

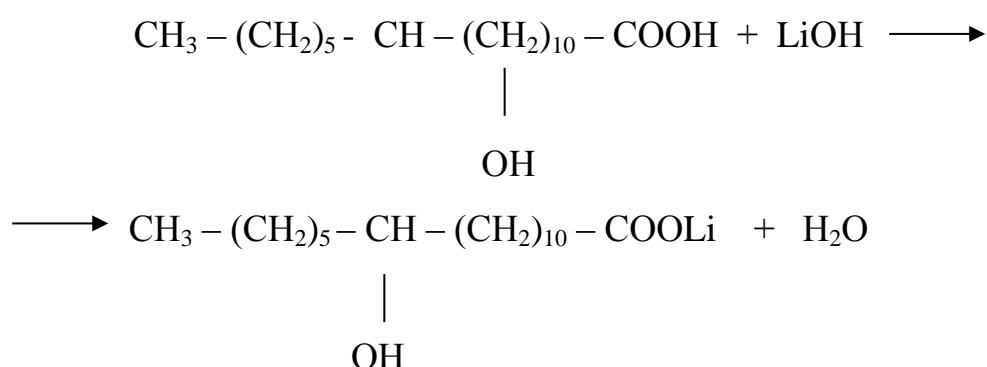


Рисунок 2 – Протекание реакции нейтрализации

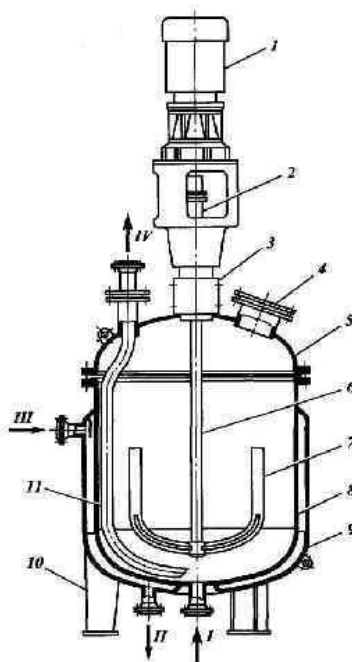
Реакция нейтрализации кислот является экзотермической, идет с выделением тепла 14 ккал./моль. Молярное соотношение компонентов

$\text{LiOH} : \text{C}_{17}\text{H}_{34}\text{CO}(\text{OH})_2 = 1 : 12,5$. Тепловой коэффициент реакции $Q = 3,346$ кДж/моль.

На сегодняшний день в промышленности пластичные смазки получают на основе 12-гидроксистеарата лития. Благодаря технологиям регенерации отработанных масел на основе 12-гидроксистеарата лития можно получить следующие типы смазок: литол-24; фиол-1; фиол-2; лс-1п; циатим-201; циатим-203.

1.3 Применяемое оборудование в производстве

В производстве пластичных смазок используют реактор периодического действия с рубашкой для обогрева реакционной смеси и перемешивающего устройства с электродвигателем, который указан на рисунке 3 [32].



1 – мотор-редуктор; 2 – муфта; 3 – уплотнение; 4 – люк; 5 – крышка; 6 – вал; 7 – якорное перемешивающее устройство; 8 – корпус; 9 – рубашка; 10 – опора; 11 – труба передавливания. Потoki: I – вход исходной среды; II – выход теплоносителя (хладагента); III – вход теплоносителя (хладагента); IV – выход продукта

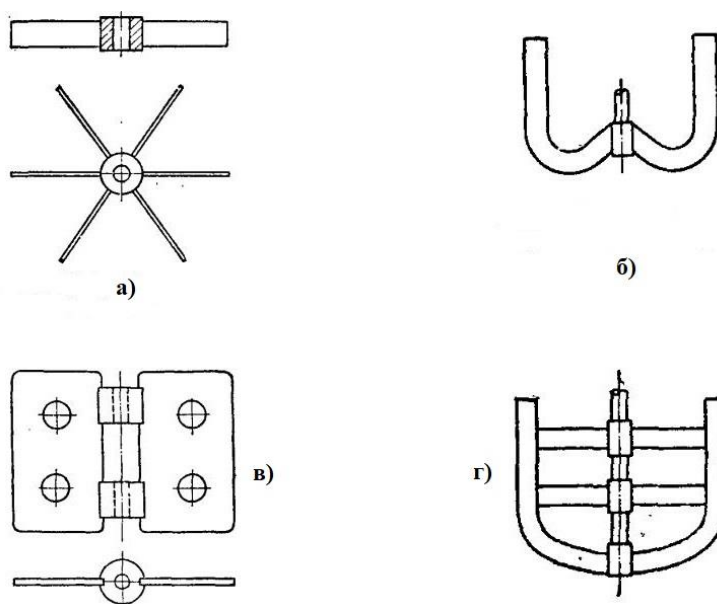
Рисунок 3 – Химический реактор с якорной мешалкой

По величине отношения радиусов аппарата и мешалки, все мешалки подразделяются на две категории.

- «якорные и рамные мешалки принято использовать для перемешивания жидкостей повышенной вязкости;

- лопастные, турбинные мешалки предназначены для перемешивания при турбулентном режиме» [5].

«Для улучшения перемешивания жидкости чаще применяют мешалки с горизонтальными или вертикальными лопастями или так называемые рамные мешалки, у которой нижняя горизонтальная лопасть имеет радиус кривизны, соответствующий радиусу кривизны днища аппарата» [15]. На рисунке 4 показаны типы перемешивающих устройств.



а) лопастная мешалка; б) якорная мешалка; в) листовая мешалка; г) рамная мешалка

Рисунок 4 – Типы перемешивающих устройств

«Плоские лопасти мешалок, поверхность сопротивления которых перпендикулярна направлению движения перемешиваемой жидкости, не могут обеспечить хорошего перемешивания во всех слоях жидкости, так как создают в ней главным образом горизонтальные токи. Хотя частицы

жидкости, встречающиеся на пути движения лопасти, при ударах о лопасть будут отталкиваться от неё в различных направлениях, но возникающие при этом токи жидкости не будут интенсивными. При установке лопасти под некоторым углом к направлению её движения возникают также и вертикальные токи жидкости, направление которых зависит от угла наклона лопасти» [14].

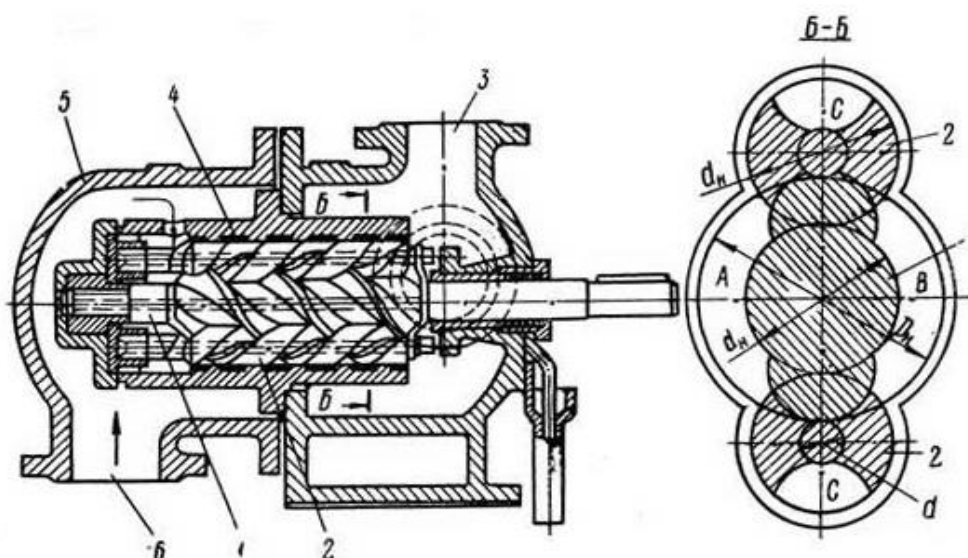
«Снабдив мешалку несколькими парами лопастей, имеющими наклон в разные стороны, можно создать перекрестные токи и таким образом осуществить интенсивное перемешивание жидкости» [6].

«В реакторе периодического действия все отдельные стадии процесса протекают последовательно в разное время. Характер изменения концентраций реагирующих веществ одинаков во всех точках реакционного объема, но различен во времени для одной и той же точки объема» [13].

«В реактор периодического действия все реагенты загружают до начала реакции, а смесь продуктов отводят по окончании процесса. Параметры технологического процесса в периодически действующем реакторе изменяются во времени. Между отдельными реакционными циклами выполняют вспомогательные операции:

- загрузку реагентов
- выгрузку продуктов,
- чистку реактора» [24].

Также для перекачивания исходных веществ, применяются трехвинтовые насосы (рисунок 5)



1- ведущий винт; 2 – ведомый винт; 3-патрубок; 4-обойма; 5-корпус; 6-патрубок

Рисунок 5 – Конструкция трехвинтового насоса

Принцип работы: 1 – ведущий и два других винта 2 – ведомые. Направление нарезки винтов на ведомых и ведущем роторах противоположное. В корпусе 5 установлена обойма 4, залитая герметиком и сообщающаяся своими окнами с всасывающим патрубком 6. Винты, расположенные внутри обоймы, с минимальными зазорами, при вращении перемещаются вместе с жидкостью вдоль оси к выходному (напорному) патрубку 3.

Статор при этом сделан из эластомера, внутри статора – ротор, который представляет из себя винтообразный металлический элемент. Эффект всасывания создает вращение ротора, которое изменяет объемы полостей между ротором и статором. Жидкость постепенно перемещается по оси ротора, давление изменяется, и создается напор.

Корпус, шнек и вал напорных аппаратов могут изготавливаться из чугуна, углеродистой и нержавеющей стали марок AISI 304/316/420, ХМ 19 или 17 4 РН, из никель-алюминиевой бронзы или хастеллойа, инконеля или

титана. Многие аппараты имеют встроенную защиту от сухого хода по технологии АТЕХ.

Для дальнейшей работы выполним патентный поиск по используемым изобретениям, которые применяются в технологии регенерации отработанных масел для получения литиевых смазок.

1.4 Патентный поиск

В таблице 1 указан патентный поиск на используемые изобретения, которые применяются в технологии регенерации отработанных масел для получения литиевых смазок. Патентный поиск осуществляется из базы данных «Федерального института промышленной собственности» (ФИПС).

В патенте RU 2 172 333 C2 [17] рассматривается способ получения литиевой смазки с улучшенными триботехническими характеристиками, путем добавления в реактор полимерной добавки циклогексанонформальдегидную смолу в количестве до 2 мас.%. При проведении опытов было выявлено, что физико-химические свойства смазки сохраняются.

В патенте RU 2 048 507 C1 [18] рассматривается способ получения литиевой смазки с повышенными противоизносными и противозадирными характеристиками. Получение такой смазки сопровождается введением в реактор дополнительных исходных веществ в виде дисульфида молибдена, а также алкилполисульфида, политетрафторэтилена и экстракта.

Таблица 1 – Патентный поиск на полезные изобретения

Номер патентного документа, международная патентная классификация	Наименование патентного документа	Владелец патентного документа	Ф.И.О. изобретателя
Патент РФ RU 2 172 333 C2 МПК: C10M 145/20 (2000.1), C10N 30/06 (2000.1)	Пластичная смазка	Коршунов С. П., Сабитов С. С., Калашников Ю. К., Сабитов М. С., Шакола А. Е., Величко П. И., Кудрявцева Н. А., Писарева В. С., Орлов Ю. Н. , Пятницын Г. И.	Коршунов С. П. , Сабитов С. С. , Калашников Ю. К., Сабитов М. С., Шакола А. Е., Величко П. И., Кудрявцева Н. А., Писарева В. С., Орлов Ю. Н. , Пятницын Г. И.
Патент РФ RU 2 048 507 C1 МПК: C10M 169/04 (2006.1), C10M 117/04 (2006.1), C10M 125/22 (2006.1), C10M 133/06 (2006.1), C10M 135/20 (2006.1), C10M 147/02 (2006.1), C10N 30/06 (2006.1)	Пластичная смазка	Общество с ограниченной ответственностью Фирма «Экохимт»	Шибряев С. Б., Фукс И. Г., Кузнецов В. А., Немец В. Л., Коронелли Т. В., Каминский С. Э., Райхман Л. М., Бэгар В. А., Киташов Ю.Н., Афонин В.В.
Патент РФ RU 2 622 398 C1 МПК: C10M 161/00 (2006.1), C10M 169/00 (2006.1), C10M 105/38 (2006.1), C10M 133/12 (2006.1), C10M 117/00 (2006.1), C10M 125/22 (2006.1), C10M 147/02 (2006.1), C10N 40/02 (2006.1)	Морозостойкая смазка	Федеральное автономное учреждение «25 Государственный научно- исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации»	Чулков И. П., Одинец Л. Г. Реморов Б. С., Земляная Т. П., Глядяев Д. Ю., Евдокимов И. А., Быков С. А., Савинков С. А., Федоров И. Е.
Патент РФ RU 2 692 090 C1 МПК: C10M 119/20 (2006.1), C10M 177/00 (2006.1), C10M 169/06 (2006.1), C10N 30/02 (2006.1)	Способ получения биоразлагаемой низкотемпературной пластичной смазки	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева Российской академии наук	Ильин С. О., Ядыкова А. Е., Горбачева С. Н., Антонов С. В.

Продолжение таблицы 1

<p>Патент РФ RU 2 443 765 C1 МПК: C10M 141/08 (2006.1), C10M 125/02 (2006.1), C10M 125/22 (2006.1), C10M 143/06 (2006.1), C10M 135/36 (2006.1), C10M 117/00 (2006.1), C10N 30/06 (2006.1)</p>	<p>Смазка для узлов трения подшипников качения и скольжения</p>	<p>Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Орловский государственный технический университет (ОрелГТУ)»</p>	<p>Букин В. Е.</p>
<p>Патент РФ RU 2 698 463 C1 МПК: C10M 169/04 (2006.1), C10M 125/10 (2006.1), C10M 101/02 (2006.1), C10M 117/02 (2006.1), C10M 143/00 (2006.1), C10M 129/28 (2006.1), C10N 30/06 (2006.1), C10N 30/12 (2006.1), C10N 40/00 (2006.1)</p>	<p>Многоцелевая пластичная смазка</p>	<p>Публичное акционерное общество «НК Роснефть» - МЗ «Нефтепродукт»</p>	<p>Евстафьев А. Ю., Колыбельский Д. С., Порфирьев Я. В., Шувалов С. А., Ермакова О. В.</p>
<p>Авторское свидетельство SU 722560 A1 МПК: B01F 7/24 (1990.01)</p>	<p>Аппарат для обработки высоковязких жидкостей</p>	<p>Архаров Сергей Николаевич</p>	<p>Архаров С. Н., Арутюнов И. А., Боголепова Т. И., Вишняков В. Н., Гуревич Ю. Н., Осипов О. С., Павлов Н. Г., Сазыкин В. В., Ушаков В. Г.</p>
<p>Авторское свидетельство SU 1 473 825 A1 МПК: B01F 7/16 (2006.01), B01F 7/24 (2006.01), B01F 7/32 (2006.01)</p>	<p>Мешалка</p>	<p>Коба Александр Петрович</p>	<p>Коба А. П., Петрушин С. С., Тихонов В. П., Мушкет Б. П., Садлаев О. О.</p>
<p>Патент РФ RU 2 674 953 C2 МПК: B01F 7/22 (2006.01)</p>	<p>Ротор и перемешивающее устройство</p>	<p>Версалис С.П.А.</p>	<p>Регаттьери Д., Маркетти Д., Брандолин А.</p>

В патенте RU 2 622 398 C1 [19] рассматривается способ получения литиевой смазки, которая может применяться в узлах трения колесных и гусеничных транспортных средств промышленного оборудования и судовых механизмах различного назначения. Данная смазка должна обладать морозостойкостью, поэтому перед ее созданием вводят кремнийорганическую жидкость, ингибитор коррозии, а также антифрикционные присадки в виде фторопласта и диоксида титана.

В патенте RU 2 692 090 C1 [20] рассматривается способ получения биоразлагаемой пластичной смазки, которая создается на основе триэтилцитрата и загустителя - дисперсии аморфной наноцеллюлозы в водной среде. Данная смазка обладает свойствами разложения, а также повышается температурный диапазон ее использования.

В патенте RU 2 443 765 C1 [21] рассматривается способ получения литиевой смазки, которая имеет в своем составе дисульфид вольфрама, полиизобутилен П-20, и многофункциональной присадки - 1,4-ди(N-арилсульфониламино)-2(тиобезтиазол)бензол 0,5-2. За счет такого состава смазка получит повышенные характеристики в термостойкости.

В патенте RU 2 698 463 C1 [22] описывается способ получения смазки, которая применяется для различных узлов трения мобильной техники и стационарного оборудования. В ее составе содержится жирная карбоновая кислота; гидроксид лития; полимерный модификатор, содержащий свободную двойную связь; антиокислитель; присадка с противоизносными и/или противозадирными свойствами; ингибитор коррозии; твердый наполнитель; и минеральное или синтетическое масло. Такая смазка получает улучшенные адгезионные свойства.

В авторском свидетельстве SU 722560 A1 [1] описывается способ обрабатывания высоковязких жидкостей в промышленности с применением реактора и скребковой мешалки. С помощью данного аппарата при

испытаниях было замечено, что время безотказной работы увеличивается, как и качественные характеристики получаемого продукта.

В авторском свидетельстве SU 1 473 825 A1 [2] описывается перемешивающее устройство, которое относится к механическим устройствам, предназначенное для перемешивания неоднородных жидких сред, образуя при этом так называемую «шапку».

Интересным для рассмотрения является патент RU 2 674 953 C2, [23] в котором описывается применяемый ротор и перемешивающее устройство для реактора, способный перемешивать как однофазную, так и многофазную рабочую среду, при различных значениях вязкости. Использование данного изобретения приведет к возможности получить эффективное и рациональное перемешивание однофазной и многофазной рабочих сред, гарантируя при этом высокую степень перемешивания до однородной массы.

Вывод по теоретической части: так как главными критериями в производстве литиевых смазок считается эффективное и рациональное перемешивание исходных компонентов до однородной массы, то в качестве оптимизации будет рассматриваться патент RU 2 674 953 C2.

2 Технологическая часть

2.1 Общая характеристика производства смазки литол-24. Анализ технологической схемы на предприятии АО «Фосфохим»

Установка получения пластичных смазок расположена в существующем здании цеха опытных установок, ранее принадлежащем ОАО «Фосфор». Проект существующего здания и этажерки внутри цеха выполнял Проектный институт N 1 гор. Ленинграда в 1964 году.

Существующее помещение цеха в осях 16-24 по ряду А-Д, где размещается установка по получению пластичных смазок, имеет размер в плане 24х48 м., высота до низа ферм 18,6 м. здание каркасное в сборножелезобетонном варианте. Внутри здания имеется металлическая этажерка в плане 12х18 м, в осях 18-21 по ряду В-Д высотой 11,40 м. Шаг колонн 6 м. Колонны – сварные двутаврового сечения 200х380 мм. Балки металлические из прокатных профилей. Настил – из рифленой стали толщ. 5 мм. Эта металлическая этажерка и послужила для проектирования установки получения пластических смазок.

Производство пластичных смазок многостадийное, состоит из одного технологического потока. Метод производства периодический, основан на загущении дисперсионной среды (нефтяных масел) солями высших жирных кислот (мылами), полученными при нейтрализации органических жирных кислот гидроксидами металлов.

Технологический процесс производства литиевых смазок Литол-24 состоит из следующих стадий:

- подготовка исходного сырья;
- приготовление загущенной смеси масел;
- загрузка сырья в реактор;
- нейтрализация 12-оксистеариновой кислоты;

- обезвоживание;
- термообработка;
- охлаждение мыло-масляного расплава;
- введение присадок;
- охлаждение и гомогенизация смазки-полуфабриката;
- предварительный анализ смазки;
- затаривание смазки;
- окончательный анализ и паспортизация смазки.

Исходные компоненты для производства литиевых смазок поступают со склада. Для приготовления раствора гидроокиси лития, в реактор с мешалкой Р-317, закачать воду из существующего коллектора.

Включить мешалку нажатием кнопки «пуск». Включить электронагреватель рубашки Р-317 для нагрева воды. Реактор снабжен прибором регистрации температуры. Взвесить расчетное количество гидроокиси лития.

При температуре в реакторе Р-317 80 - 90°С загрузить гидроокись лития через загрузочную воронку. Перемешивание вести до полного растворения гидроокиси лития (не менее 2 часов). 12-оксистеариновую кислоту взвесить на технических весах (11-11,5% на смазку). Сырье – масло И-40 и отработанные нефтепродукты из емкостей, находящихся на товарно-сырьевой базе №1 закачивается насосом в цеховые емкости Е-1.

Из емкостей Е-1 закачать насосом Н-2 масло в мерник-дозатор Д-3. Слить масло в реактор Р-4 из мерника-дозатора Д-3. Включить перемешивающееся устройство для перемешивания масла. Включить насос циркуляции ВОТ Н-5 через рубашку реактора Р-4. ВОТ разогревается в электронагревательном котле Т-6. Для этого задать температуру 120-130°С на пульте управления котлом и включить необходимое количество ступеней нагрева котла. Масло нагреть до 110-115°С.

Для загущения масла используется эластомерный продукт ЭП-БК (бутилкаучук). При температуре 110-115°С в реактор загрузить необходимое количество бутилкаучука (2%). Провести растворение бутилкаучука в течение 4-х часов.

Через люк реактора Р-4 небольшими порциями с перерывом загрузить взвешенное количество 12-оксистеариновой кислоты. Перемешивание вести не менее 2 часов, до полного растворения кислоты. Для предотвращения вспенивания в реакционную массу добавить присадку ПМС –200А.

Из емкости самотеком через промежуточную емкость в реактор Р-4 загрузить водный раствор гидроокиси лития для нейтрализации 12-оксистеариновой кислоты. Загрузку гидроокиси лития вести при температуре 85-90°С в реакторе. Для этого необходимо задать температуру 110-120°С в электронагревательном котле Т-6. Перемешивание содержимого реактора вести в течение 2-2,5 часов. При этом протекает реакция взаимодействия 12-оксистеариновой кислоты и гидроокиси лития (реакция нейтрализации 12-оксистеариновой кислоты гидроокисью лития). В результате образуется литиевое мыло.

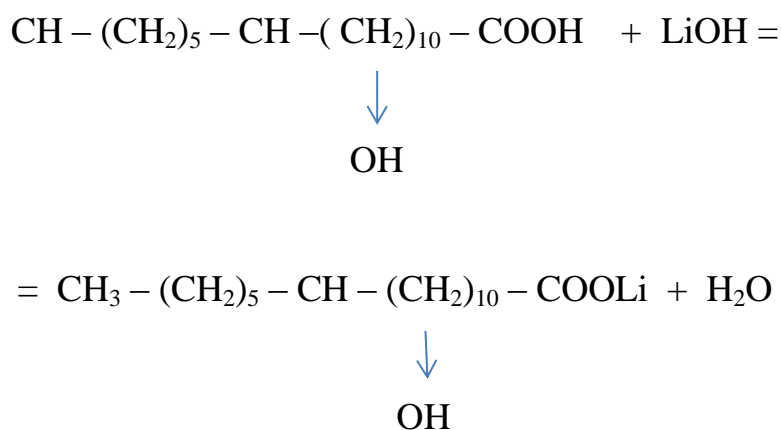


Рисунок 6 – Образование литиевого мыла

Через 1,5-2 часа сделать анализ на содержание свободной щелочи и число омыления. Свободная щелочь должна быть в пределах 0,1-0,16%,

число омыления 0-4 мг КОН/г. При необходимости произвести корректировку добавлением щелочи LiOH из P-317 или 12-оксистеариновой кислоты. После процесса нейтрализации из мыльно-масляной суспензии удалить влагу. При непрерывном перемешивании реакцию смесь в реакторе P-4 нагреть до 100-105°C. При температуре 100-105°C и перемешивании в течение 5-6 часов происходит обезвоживание содержимого реактора. Пары воды отсасываются из реактора P-4 при подключении к вытяжному вентилятору В-10. Сконденсированный водяной пар из конденсатора стекает в сепарирующую емкость.

Оптимальной температурой термообработки литиевых препаратов является температура, при которой достигается полнота расплава мыла в масле, это температура 205-210°C.

После окончания процесса обезвоживания, на котле Т-6 задать температуру 225-240°C и при непрерывном перемешивании нагреть реакцию массу в реакторе до 205-210°C, отключить котел ВОТ, провести термообработку выдержав при данной температуре 15 минут.

Охлаждение расплава мыла в масле – одна из основных стадий технологического процесса производства мыльных смазок. Условия охлаждения расплава играют решающую роль в формировании структурного каркаса смазки, определяющей ее основные реологические, смазочные и другие характеристики.

В процессе подъема температуры на термообработку при температуре 200°C отобрать пробу на определение пенетрации. Анализ ориентирует на количество добавляемого масла.

После термообработки, подать воздух на воздушный холодильник Х-11 и перевести частично циркуляцию ВОТ по схеме рубашка реактора P-4 – Н-5 – Х-11 – рубашка реактора P-4 .

Предварительно из емкости Е-1 закачать в мерник-дозатор Д-3 необходимое количество масла, которое стоит подавать в реактор P-4 после

термообработки. Масло должно замешиваться, входить в структуру смазки, одновременно снижая температуру содержимого аппарата. Количество подаваемого масла в реактор зависит от пенетрации. Температура мыло-масляного расплава снижается до 180-170°C. При данной температуре содержимое реактора выдержать в течение 1 часа при выключенной мешалке. В диапазоне температур 175-195°C на диаграмме заметна полочка – это температура изотермической кристаллизации мыла в масле. Сделать анализ на пенетрацию (пенетрация должна быть в пределах 280 - 300 мм⁻¹). Включив циркуляционный насос Н-7, запустить циркуляцию смазки по схеме Р-4 – Н-7 – Р-4.

Дальнейшее охлаждение смазки от 160°C и ниже осуществляется в скребковом холодильнике Х-8 по схеме Р-4-Н-7-Х-11-Р-4. На выходе из скребкового холодильника установлен прибор регистрации температуры смазки (поз. TR-702 в). В рубашку скребкового холодильника подается обратная вода из коллектора. После скребкового холодильника смазка проходит через фильтр Ф-371, предназначенный для очистки смазки от механических примесей, существенно ухудшающих эксплуатационные свойства смазки и осложняющих гомогенизацию. При температуре в реакторе 130°C смазку-полуфабрикат направляют на гомогенизацию.

После фильтра Ф-371 смазка-полуфабрикат подается плунжерный гомогенизатор Г-9, где повышается равномерность распределения загустителя в масле, обеспечивается однородность смазки, улучшается внешний вид. После гомогенизатора необходимо отобрать пробу на анализ качества продукта. Если смазка удовлетворяет требованиям ГОСТ, смазку направляют на затаривание. Готовую литиевую смазку расфасовывают в металлические бочки, КНБ, п/э барабаны.

Технологическая схема по получению литола-24 на предприятии АО «Фосфохим» показана на рисунке 7.

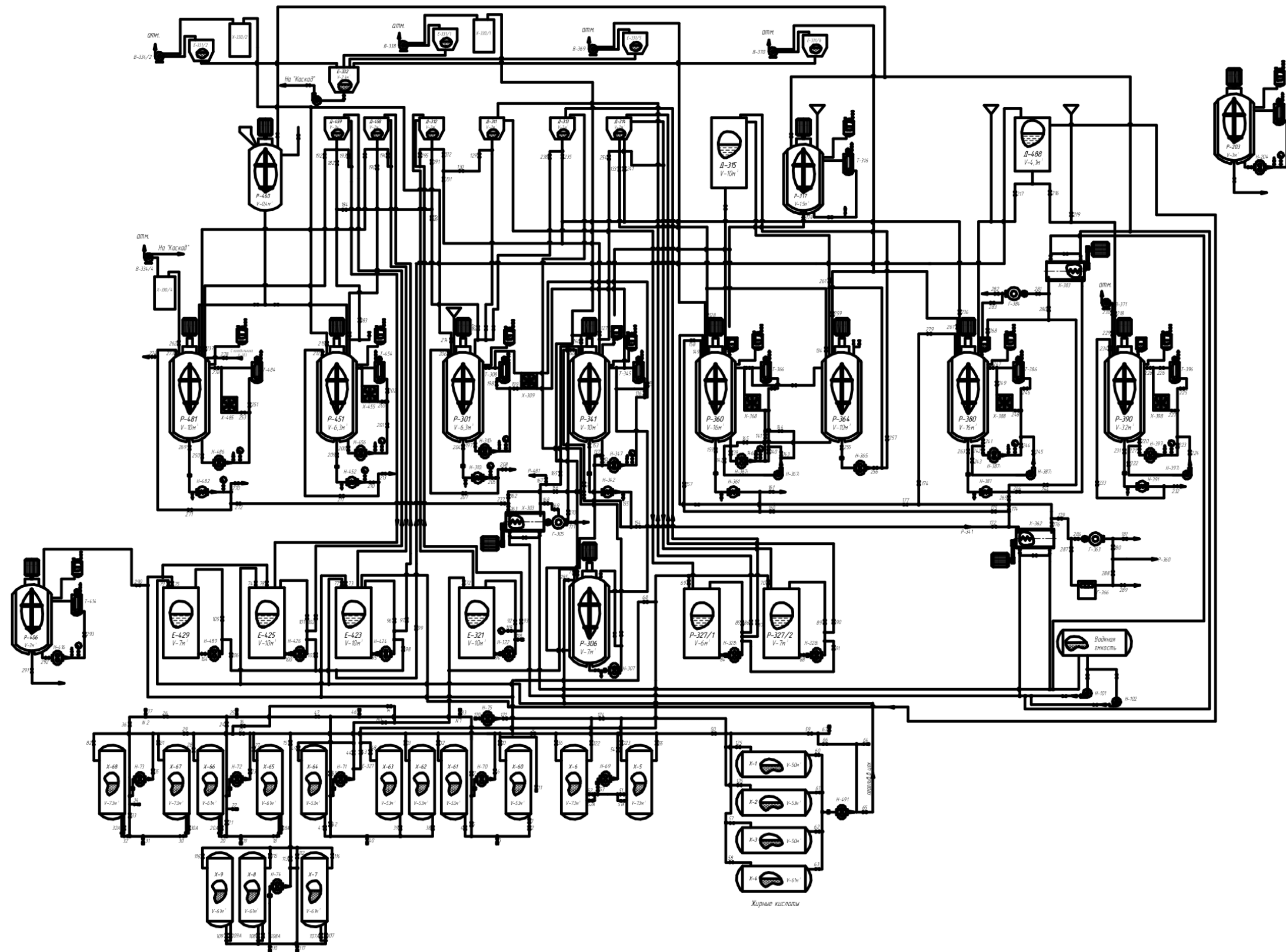


Рисунок 7 - Технологическая схема по получению литола-24 на предприятии АО «Фосфохим»

2.2 Характеристика исходного сырья, целевого, продукта, материалов, полупродуктов и энергоресурсов

Характеристика исходного сырья, материалов, и полупродуктов, представлены в таблице 2 и 3.

Таблица 2 – Характеристика исходного сырья [27]

Наименование сырья, вспомогательных материалов, полупродуктов и энергоресурсов	Обозначение стандартов или технических условий, марка, сорт, сырья	Наименование показателей, обязательных для проверки	Нормы показателей по НТД
1 Масло индустриальное И-40А	ГОСТ 20799-88	1 Вязкость кинематическая при 50 ⁰ С, мм ² /с	5-35
		2 Массовая доля механических примесей, % не более	1,0
		3 Массовая доля воды, % не более	2,0
		4 Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, ⁰ С, не менее	120
		5 Плотность при 20 ⁰ С, кг/м ³ , не более	905
2 Кислота 12-оксистеариновая	ТУ 38.101721-78	1 Температура плавления, ⁰ С	74 – 76
		2 Кислотное число, мг КОН на 1 г продукта	170 - 180
		3 Число омыления, мг КОН на 1 г продукта	175 – 185
		4 Йодное число, г. йода на 100 г продукта	5 - 10
		5 Массовая доля воды, %, не более	2,0
		6 Массовая доля механических примесей	отсутствие
3 Лития гидроокись техническая	ГОСТ 8595-83 Марка ЛГО-3, ЛГО-1	1 Массовая доля гидроокиси лития (LiOH), %, не менее	
		- ЛГО-3	53,0
		- ЛГО-1	56,7
4 Продукт эластомерный ЭП-БК, марка А	ТУ 2294-056-48158319-2013		
5 Теплоноситель АМТ-300	ТУ 101537-75	1 Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, ⁰ С, не менее	170
		2 Температура самовоспламенения, ⁰ С, не менее	290

Литол – 24 многоцелевая литиевая смазка, с большим температурным диапазоном (-40, +130⁰С), водостойкая даже в кипящей воде. Применяется в

узлах трения всех типов: в подшипниках качения и скольжения, шарнирах, зубчатых и иных передачах, для смазывания направляющих. Его широко применяют в качестве единой смазки, в автомобилях, в гусеничных машинах, целлюлозно-бумажной промышленности. Замена Литол-24 других смазок даёт большой экономический эффект благодаря увеличению межремонтных сроков работы механизмов, уменьшению расхода запасных узлов и частей (кроме узлов не защищённых от грязи и воды). Имеет хорошие консервационные свойства, обладает отличной механической стабильностью, противозадирная характеристика удовлетворительна. Успешно заменяет солидол всех типов, консталины и др. Совместим с большинством других смазок (кроме солидола С). ЛИТОЛ – 24 выпускается по ГОСТ 21150-2017, показатели приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели литол-24, согласно ГОСТ 21150-2017 [11]

Наименование параметра	Норма
Внешний вид	Однородная мазь от светло- желтого до коричневого цвета
Температура каплепадения, °С, не ниже	185
Пенетрация при 25°С, с перемешиванием, мм ⁻¹	220 - 250
Эффективная вязкость, Па·С (П):	
- при температуре минус 20°С и среднем градиенте скорости деформации 10с ⁻¹ , не более	650 (6500)
- при температуре 0°С и среднем градиенте скорости деформации 10 с ⁻¹ , не более	280 (2800)
- при температуре 50°С и среднем градиенте скорости деформации 100 с ⁻¹ , не менее	8 (80)
Предел прочности, Па (гс/см ²) при температуре:	
- при 20°С	500 – 1000 (5,0 – 10,0)
- при 80°С, не менее	200 (2,0)
Коллоидная стабильность, %, выделенного масла, не более	12
Коррозионное воздействие на металлы	Выдерживает
Испаряемость при 120°С, %, не более	6
Массовая доля свободных органических кислот, мг КОН на 1 г смазки, не более	-
Массовая доля свободной щелочи, в перерасчете на NaOH, % не более	0,1
Содержание воды	Отсутствие
Массовая доля механических примесей, %, не более	0,03

Смазывающие свойства на четырехшариковой машине, при (20+5) оС, не менее	
- нагрузка сваривания (Рс), Н (кгс)	1381 (141)
- критическая нагрузка (Рк), Н (кгс)	617 (63)
- индекс задира (Из)	274 (28)

Продолжение таблицы 3

Набухание резины марки 26 – 44, %	
- изменение объёма	± 8
- изменение твердости	± 8
Механическая стабильность смазки:	
- предел прочности исходной (неразрушенной) на разрыв при температуре 20 °С, Па (гс/см ²)	-
- индекс разрушения, %	-
- индекс восстановления, %	-
- предел прочности после разрушения или восстановления в течение трех суток, Па (гс/см ²)	-

2.3 Контроль и управление технологическим процессом

В таблице 4 указаны параметры контроля и управления технологическим процессом.

Таблица 4 – Управление технологическим процессом [27]

Наименование стадии, места измерения параметров	Наименование и позиция контролируемого параметра	Способ контроля и управления, частота контроля	Нормы и технические показатели	Крит. знач. параметров °С	Методики и средства контроля
1 Литиевые смазки, реактор Р-360	Температура TR-702 ₆	Регистрация и показания на компьютер. Ежечасно с записью в журнале	20 – 230 ⁰ С t _{нп} = ± 4 ⁰ С	230	Показание на приборе Овен ТРМ138, канал 5, регистрация и архивация показаний на компьютере. Точность ±0,25. Термопара ТХК
2 Литиевые и комплексные смазки, охлаждение продукта, скребковый холодильник Х-363	Температура TR-702 ₉	Показания по месту. Ежечасно, по необходимости	20 – 110 ⁰ С t _{нп} = ± 4 ⁰ С	110	Показание на приборе Овен ТРМ138, канал 8, регистрация и архивация показаний на компьютере. Точность ±0,25. Преобразователь термоэлектрический

					ДТП
--	--	--	--	--	-----

2.4 Аналитический контроль

Параметры сырья, подлежащие аналитическому контролю, приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Аналитический контроль [27]

Наименование стадии, места отбора пробы	Наименование и позиция контролируемого параметра	Способ контроля и управления, частота контроля	Нормы и технические показатели	Методики и средства контроля	Кто контролирует
1 Приёмные ёмкости, Е-327 ₂ , масло И-40, масло отработанное трансформаторное или масло базовое остаточное	1 Вязкость кинематическая при 40 ⁰ С, мм ² /с,	Лабораторные измерения, при поступлении партии сырья	61-75	Вискозиметр капиллярный ВПЖТ-2 по ГОСТ 33-2000	Лаборант
	2 Кислотное число, мг КОН на 1 г масла, не более		0,05	Титрометрия по ТУ38-101721-78 пункт 3.2.	
	3 Массовая доля воды		отсутствие	Метод Дина-Старка по ГОСТ 2477-65	
	4 Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, ⁰ С, не менее		220	Аппарат ЛТВО по ГОСТ 4333-87 (метод Б)	
	5 Плотность при 20 ⁰ С, кг/м ³ , не более		900	Ареометрия по ГОСТ 3900-85	
2 Склад. Кислота 12 – оксистеариновая	1 Температура плавления, ⁰ С	Лабораторные измерения, при поступлении партии сырья	74 – 76	Термометрия по ГОСТ 18995.4-73	Лаборант
	2 Кислотное число, мг КОН на 1 г продукта		170 – 180	Титрометрия по ТУ38-101721-78 пункт 3.2.	
	3 Число омыления, мг КОН на 1 г продукта		175 – 185	Титрометрия по ТУ38-101721-78 пункт 3.2.	

Продолжение таблицы 5

3 Склад. Лития гидроокись техническая	1 Массовая доля гидроокиси лития (LiOH), %, не менее	Лабораторные измерения, при поступлении партии сырья			
	- марки ЛГО-3		53,0	Титрометрия по ГОСТ 8595-83 пункт 4.4.	Лаборант
	- марки ЛГО-1		56,7		
4 Склад. Присадка “нафтам-2”	1 Вязкость кинематическая при 100 ⁰ С, мм ² /с (сСт)	Лабораторные измерения, при поступлении партии сырья	25*10 ⁻⁶ - 100*10 ⁻⁶ (25 - 100)	Вискозиметр капиллярный ВПЖТ-2 по ГОСТ 33-82	
	2 Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, ⁰ С, не менее		145	Аппарат ЛТВО по ГОСТ 4333-87 (метод Б)	Лаборант
	3 Массовая доля азота, %		0,4 – 1,5	Метод Кьельдаля по пункту 5.3. ТУ 38.1011003-87	
5 Склад. Теплоноситель АМТ-300	1 Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, ⁰ С, не менее	Лабораторные измерения, при поступлении партии сырья	175	Аппарат ЛТВО по ГОСТ 4333-87 (метод Б)	
	2 Температура самовоспламенения, ⁰ С, не менее		285	Аппарат ЛТВО по ГОСТ 4333-87 (метод Б)	
6 Склад. Присадка ПМС-200А	1 Вязкость кинематическая при 20 ⁰ С, мм ² /с	Лабораторные измерения, при поступлении партии сырья	192-208	Вискозиметр капиллярный ВПЖТ-2 по ГОСТ 33-2000 Титрометрия по ГОСТ 5478-90	

Параметры процесса, подлежащие аналитическому контролю, приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Параметры процесса, подлежащие аналитическому контролю [27]

Наименование стадии, места отбора пробы	Наименование и позиция контролируемого параметра	Способ контроля и управления, частота контроля	Нормы и технические показатели	Методики и средства контроля	Кто контролирует
1 Литиевые смазки, Р-360, омыление сырья.	1 Массовая доля свободной щёлочи, в пересчете на NaOH, %, не более	Лабораторные измерения, по необходимости	0,12-0,18	Титриметрия по ГОСТ 6707-76	Лаборант
	2 Число омыления, мг КОН на 1 г продукта		0 - 4	Титриметрия по ГОСТ 21749-76	
2 Литиевые смазки, Р-360, «Литол-24». Предварительный анализ.	1 Пенетрация при 25 °С, мм 10 ⁻¹	Лабораторные измерения, по готовности смазки	220-250	Пенетрометр ПН-10 по ГОСТ 5346-78, метод В	Лаборант
	2 Предел прочности на сдвиг при 20 °С, Па		500-1000	Пенетрометр ПН-10 по ГОСТ 7143-73 метод Б	
	3 Коллоидная стабильность, % выделенного масла, не более		12	Пенетрометр ПН-10 по ГОСТ 7142-74	
	4 Массовая доля свободной щёлочи, в пересчете на NaOH, %, не более		0,1	Пенетрометр ПН-10 по ГОСТ 6707-76	

Параметры готовой продукции, подлежащие аналитическому контролю, приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Параметры готовой продукции [27]

Наименование стадии, места отбора пробы	Наименование и позиция контролируемого параметра	Способ контроля, частота контроля	Нормы и технические показатели	Методики и средства контроля
1 Литиевые смазки, «Литол-24», анализ партии из тары, выборка по ГОСТ 2517-85.	Внешний вид	Лабораторные измерения, по готовности смазки	Однородная мазь от светло желтого до коричневого цвета	Визуально по ГОСТ 21150-87, пункт 3.2.
	Температура каплепадения, °С, не ниже		185	Термометрия по ГОСТ 6793-74 $\Delta_{\text{МВИ}} = \pm 2^{\circ}\text{C}$
	Пенетрация при 25 °С, мм*10 ⁻¹		220-250	Пенетрометр ПН-10 по ГОСТ 5346-78, метод В $\Delta_{\text{МВИ}} = \pm 8$ (0,8 мм)
	Вязкость, Па*С (П):		Вискозиметр «Капилляр-1» по ГОСТ 7163-84	
	- при минус 20°С и среднем градиенте скорости деформации 10 с ⁻¹ , не более		650(6500)	$\Delta_{\text{МВИ}} = \pm 32$ Па*с
	- при 0°С и среднем градиенте скорости деформации 10 с ⁻¹ , не более		280(2800)	$\Delta_{\text{МВИ}} = \pm 32$ Па*с
	- при плюс 50°С и среднем градиенте скорости деформации 0 с ⁻¹ , не менее		8(80)	$\Delta_{\text{МВИ}} = \pm 8$ Па*с
	Предел прочности, Па (гс/см ²)		Аппарат АК-88 по ГОСТ 7143-73 метод Б	
	- при 20 °С		500-1000	$\Delta_{\text{МВИ}} = \pm 10\%$
	- при 80 °С, не менее		(5,0-10,0)	$\Delta_{\text{МВИ}} = \pm 10\%$
	Коллоидная стабильность, % выделенного масла, не более		200 (2,0)	Аппарат АКС-1МП по ГОСТ 7142-74 $\Delta_{\text{МВИ}} = \pm 1\%$

Продолжение таблицы 7

Коррозионное воздействие на металлы		12	Гравиметрия по ГОСТ 9.080-77, с дополн. по пункту 3.3. ГОСТа 21150-87
Испаряемость при 120°C, %, не более		выдерживает	Гравиметрия по ГОСТ 9566-74 $\Delta_{\text{МВИ}} = \pm 1 \%$
Массовая доля свободной щёлочи, в пересчете на NaOH, %, не более		6	Титрометрия по ГОСТ 6707-76 $\Delta_{\text{МВИ}} = \pm 0,03\%$
Массовая доля воды		0,1	Метод Дина-Старка по ГОСТ 2477-65, с доп. по пункту 3.4. ГОСТа 21150-87 $\Delta_{\text{МВИ}} = \pm 0,8\%$
Массовая доля механических примесей, %, не более		отсутствие	Фильтрация по ГОСТ6479-73, с дополн. по пункту 3.5. ГОСТа 21150-87 $\Delta_{\text{МВИ}} = \pm \%$
Смазывающие свойства на четырехшариковой машине, при (20 \pm 5) °С, не менее		Испытание на четырех шариковой машине по ГОСТ 9490-75	
- нагрузка сваривания (Рс), Н (кгс)		0,05	$\Delta_{\text{МВИ}} = \pm 160 (16)$
- критическая нагрузка (Рк), Н (кгс)		1410 (141)	$\Delta_{\text{МВИ}} = \pm 85 (8,5)$
- индекс задира (Из)		630 (63)	$\Delta_{\text{МВИ}} = \pm 35 (3,5)$
Набухание резины марки 26 – 44, %		28	По пункту 3.6. ГОСТа 21150-78
Изменение объёма		± 8	Линейные измерения по ГОСТ 9.030-74 $\Delta_{\text{МВИ}} = \pm 5 \%$
Изменение твердости		± 8	Метод Шора по ГОСТ 263-75 $\Delta_{\text{МВИ}} = \pm 5 \%$

При проведении анализа технологической схемы был выявлен недостаток, связанный с применением перемешивающей якорной мешалки.

Согласно действующего альбома нормативных конструкций АТК 24.201.17-90 перемешивающая якорная мешалка должна применяться для перемешивания жидких сред вязкостью не более 50 Па*с. Согласно таблицы 7 при определенной температуре и среднем градиенте скорости деформации вязкость варьируется в пределах от 8 до 650 Па*с, при определенной температуре и среднем градиенте скорости деформации [35].

Исходя из вышеперечисленного на основании нормативного документа АТК 24.201.17-90 должны применяться мешалки для перемешивания жидких сред вязкостью не более 500 Па*с следующего типа:

- шнековая;
- ленточная;
- ленточная со скребками.

Проведя анализ получаемой в реакторе смеси, было выявлено, что используемая якорная мешалка недостаточно хорошо перемешивает рабочую среду, при этом достигается небольшая степень перемешивания до однородной массы подаваемых компонентов. Также на стенках реактора образуется не перемешавшиеся компоненты в виде комков, как показано на рисунке 8.



Рисунок 8 - Степень перемешивания до однородной массы подаваемых компонентов

В некоторых случаях было замечено, что при плохом перемешивании, добавляемый загуститель в виде эластомерного продукта ЭП-БК (бутилкаучук) распределяется неравномерно относительно всего объема получаемого продукта, вследствие чего смазка литол-24 может быть подвижной, тем самым теряя свою форму, как это показано на рисунке 9.



Рисунок 9 – Неравномерное распределение загустителя из-за неправильного подобранного перемешивающего устройства

Левый рисунок указывает на то, что полученная смазка литол-24 на стадии приготовления смеси перемешивалась равномерно. Правый рисунок указывает на то, что полученная смазка литол-24 на стадии приготовления смеси перемешивалась неправильно и не равномерно.

Главной целью оптимизации в процессе получения литола-24 является эффективное и рациональное перемешивание многофазной рабочей среды, гарантируя при этом высокую степень перемешивания до однородной массы. В качестве оптимизации будет рассматриваться патент RU 2 674 953 C2.

2.5 Описание оптимизации применяемого оборудования

Изобретение RU 2 674 953 C2 содержит в себе ротор и перемешивающее устройство сложной формы в виде модифицированной лопастной мешалки со скребками, согласно рисунку 10.

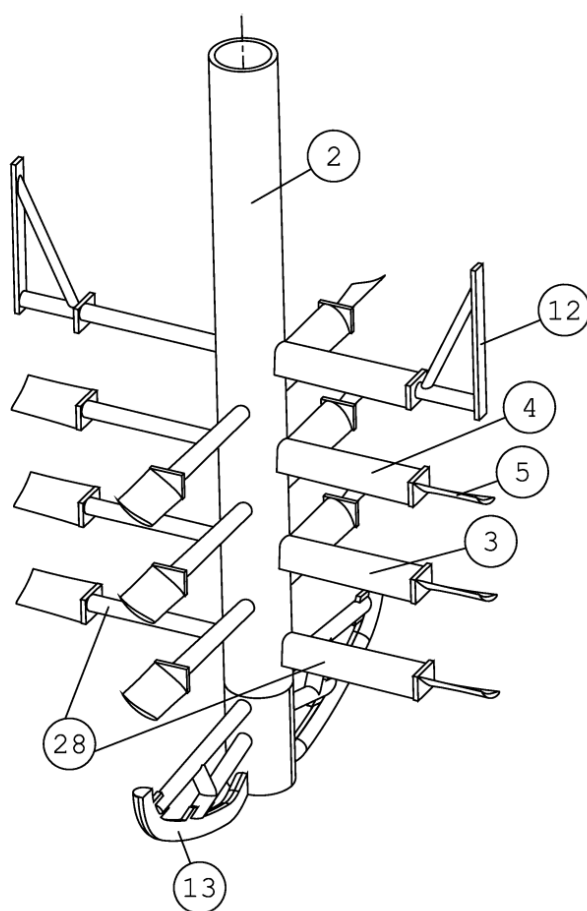


Рисунок 10 – Модифицированная лопастная мешалка: 2 – вращающийся вал; 3, 4 – лопасти сложной формы; 5 – лопатки; 12 – скребки; 13 – анкерный элемент; 28 – ярус лопастей

Как показано на рисунке 10 модифицированная лопастная мешалка имеет вращающийся вал (2), на котором устанавливаются лопасти, имеющие сложную форму (3). Согласно изобретению на вращающийся вал устанавливают хотя бы один ярус лопастей (28) сложной формы. Также

мешалка имеет скребки (12), которые соскребают с внутренних стенок продукты для перемешивания, тем самым стенки реактора остаются чистыми. Все лопатки, которые привариваются к лопастям, изготавливаются прямоугольным сечением, имеющие закругленную форму (5). Следует отметить что лопасти (3 и 4) устанавливаются радиально относительно лопаток (5), вследствие чего каждый элемент лопастей (3, 4) имеет осевое усилие, противоположное осевому усилию, создаваемого лопатками (5).

Перемешивающее устройство также снабжается анкерным элементом (13), который выполняет соскребающую функцию со стенок дна реактора, что позволяет эффективно и равномерно перемешать многофазную рабочую среду.

На рисунке 11 изображена геометрия создаваемых лопастей, которые имеют сложную форму.

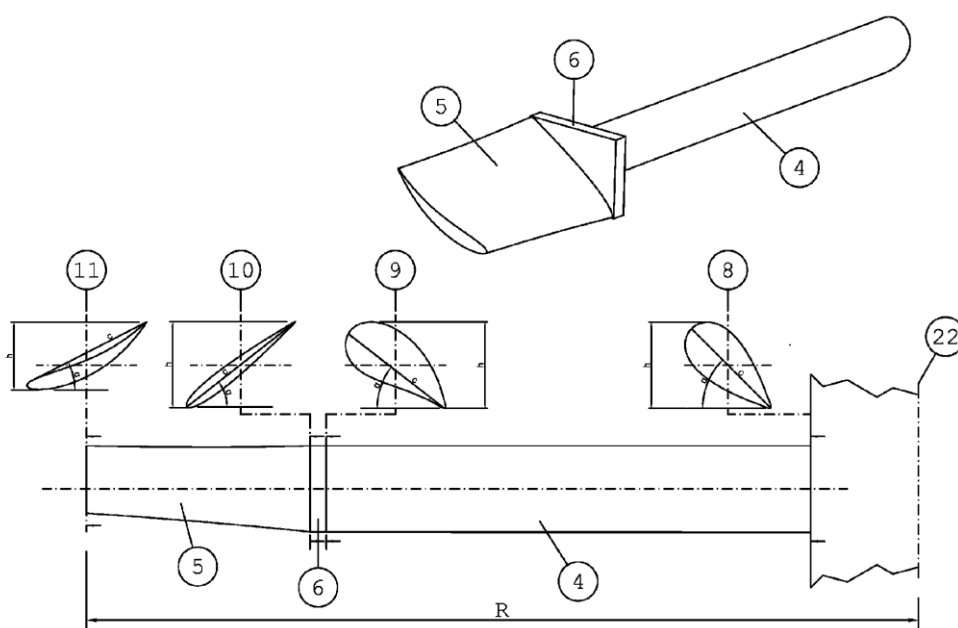


Рисунок 11 – Геометрия лопастей модифицированной лопастной мешалки: 4 – лопасть; 5 – лопатка; 6 – точка реверса; 8, 9, 10, 11 – сечение замкнутого контура элемента лопасти и лопатки

Исходя из рисунка 11 видно, что геометрия лопастей выполняется из двух элементов, это лопасть (4) и лопатка (5), разделенные точкой реверса (6). Обозначения (8, 9, 10, 11) представляют собой некоторые из сечений замкнутого контура каждого элемента (4, 5). Как уже отмечалось ранее лопасть (4) устанавливается радиально относительно лопаток (5), вследствие чего лопасть (4) имеет осевое усилие, противоположное осевому усилию, создаваемого лопатками (5).

Использование данного изобретения позволит эффективно и рационально перемешать многофазную рабочую среду.

Вывод по технологической части: проведя анализ технологической схемы предприятия АО «Фосфохим» были замечены недостатки, связанные с неправильно подобранным перемешивающим устройством в виде якорной мешалки, согласно альбому нормативных конструкций АТК 24.201.17-90. Установка модифицированной лопастной мешалки в реактор, имеющая скребки позволит эффективно и рационально перемешать многофазную рабочую среду, гарантируя при этом высокую степень перемешивания до однородной массы.

3 Расчетная часть

3.1 Расчет материального баланса новой установки

Для составления материального баланса рассмотрим схему материальных потоков, которые представлены на рисунке 12.

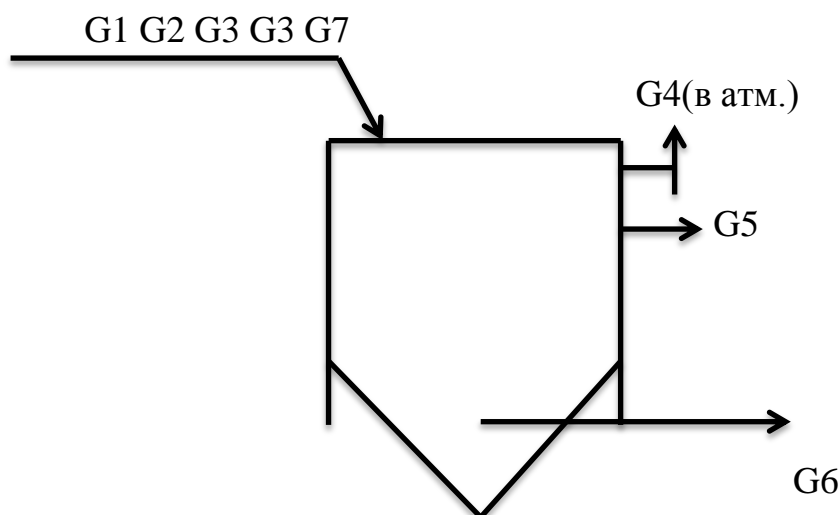


Рисунок 12 - Схема материальных потоков: G_1 – подача промышленных масел МИО и МИИ; G_2 – подача 12-оксистеариновой кислоты; G_3 – подача гидроксида лития с кристаллизационной реакционной водой; G_4 – выход кристаллизационной реакционной воды; G_5 – технологические потери; G_6 – выход готовой смеси для смазки литол-24; G_7 – добавление различных присадок

Исходные данные для расчета материального баланса:

Производительность по смазке литол-24: $G_6 = 11000$ кг., или $G_6 = \frac{11000}{48 \text{ ч.}} = 229,167$ кг/ч

Время производственного цикла: $F = 48$ ч.

Согласно производственному регламенту [27] процесс получения смазки литол-24 является периодическим, поэтому на одну партию (загрузки) затрачивается следующее количество компонентов:

- количество поступающего индустриального масла И-40А: $G_{\text{МИИ}} = 2750$ кг;

- количество индустриального остаточного масла: $G_{\text{МИО}} = 6628$ кг;

- количество 12-оксистеариновой кислоты: $G_{12\text{-о.к.}} = 1265$ кг или $G_{12\text{-о.к.}} = \frac{1265}{48 \text{ ч.}} = 26,354$ кг/ч;

- количество технической гидроокиси лития: $G_{\text{Л.Г.Т.}} = 187$ кг;

- количество эластомерного продукта ЭП-БК (бутилкаучук): $G_{\text{ЭП-БК}} = 337$ кг;

- добавляемая присадка Нафтам-2: $G_{\text{Н2.}} = 110$ кг;

- вода, веденная кристаллизационная, реакционная: $G_{\text{В}} = 600$ кг;

- добавление присадки ПМС-200А: $G_{\text{ПМС}} = 0,33$ кг;

- добавление антифрикционной присадки: $G_{\text{А.П.}} = 110$ кг;

Технологические потери в процессе составляют 2,79%.

Число рабочих дней в году: $x = 345$ дн.

Исходя из материальных потоков (рисунок 5), уравнение материального баланса примет следующий вид:

$$G_1 + G_2 + G_3 + G_7 - G_4 - G_5 = G_6$$

Количество загружаемых индустриальных масел МИО и МИИ в реактор:

$$G_1 = \frac{G_{\text{МИИ}} + G_{\text{МИО}}}{48 \text{ ч.}} = \frac{2750 + 6628}{48} = 195,375 \text{ кг/ч}$$

Количество загружаемого гидроокиси лития с кристаллизационной реакционной водой в реактор:

$$G_3 = \frac{G_{\text{Л.Г.Т.}} + G_{\text{В}}}{48 \text{ ч.}} = \frac{187 + 600}{48} = 16,396 \text{ кг/ч}$$

Количество добавляемых присадок в реактор:

$$G_7 = \frac{G_{\text{ЭП-БК}} + G_{\text{Н2.}} + G_{\text{ПМС}} + G_{\text{А.П.}}}{48 \text{ ч.}} = \frac{337 + 110 + 0,33 + 110}{48} = 11,611 \text{ кг/ч}$$

Потери в окружающую среду на одну операцию:

$$G_5 = \frac{(G * 2,79)}{100} / 48 \text{ ч.} = \frac{(11000 * 2,79)}{100} / 48 = 6,394 \text{ кг/ч}$$

Найдем количество кристаллизационной реакционной воды, которая входи из реактора по следующей формуле:

$$\begin{aligned} G_4 &= G_6 - G_1 - G_2 - G_3 - G_7 + G_5 \\ &= 229,167 - 195,375 - 26,354 - 16,396 - 11,611 + 6,394 \\ &= -14,175 \text{ кг/ч} \end{aligned}$$

Полученные данные занесем в сводную таблицу материального баланса с учетом производственного цикла 48 ч.

Таблица 8 – Сводная таблица материального баланса новой установки

Статья прихода			Статья расхода		
Компонентный состав	кг/ч	Массовая доля, %	Компонентный состав	кг/ч	Массовая доля, %
Индустриальные масла МИО и МИИ	195,375	78,23	Литол-24	229,167	91,76
12-оксистеариновая кислота	26,354	10,55	Кристаллизационная реакционная вода	14,175	5,68
Гидроокись лития с кристаллизационной реакционной водой	16,396	6,57	Потери в окружающую среду	6,394	2,56
Добавленные присадки	11,611	4,65			
Всего:	249,736	100	Всего:	249,736	100

3.2 Расчет теплового баланса новой установки

Исходные данные:

Температура поступающего масла: 80 °С;

Температура поступающей 12-оксистеариновой кислоты: 80 °С;

Температура поступающей воды: – 85 °С;

Температура поступающего гидроокиси лития: 85 °С.

Для составления теплового баланса рассмотрим схему тепловых потоков, которые представлены на рисунке 13.

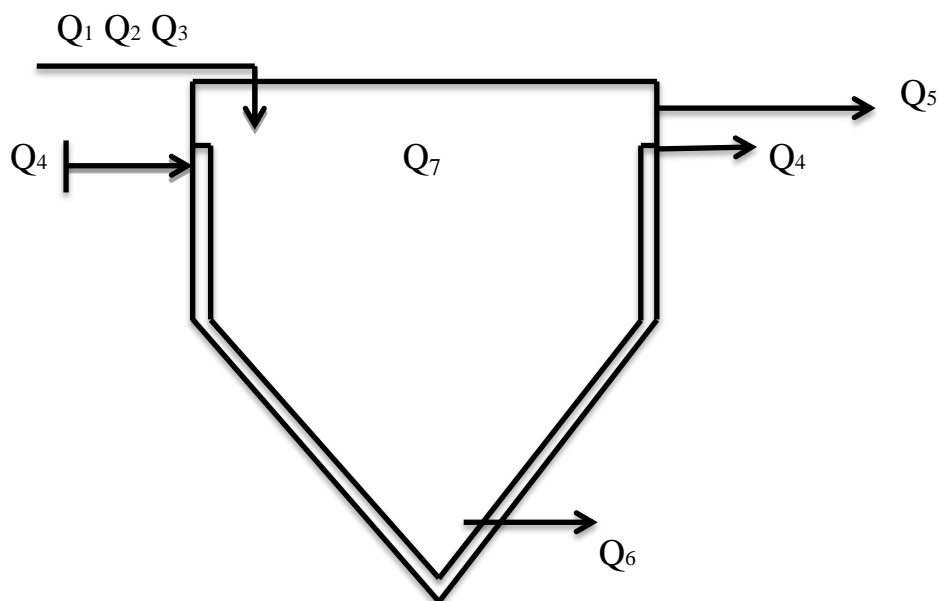


Рисунок 13 – Схема тепловых потоков: Q_1 – тепло от промышленных масел МИО и МИИ; Q_2 – тепло от 12-оксистеариновой кислоты; Q_3 – тепло от гидроокиси лития с кристаллизационной реакционной водой; Q_4 – теплоноситель масло АМТ-300; Q_5 – тепловые потери; Q_6 – тепло с литол-24; Q_7 – энтальпия реакции

Уравнение теплового баланса:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_8 = Q_6 + Q_7 + Q_5$$

Удельные теплоемкости компонентов определяются из справочников [16, 29, 31].

Таблица 9 – Удельные теплоемкости компонентов

Компонент	C , Дж/кг*°С
Масло промышленное И-40	2000
Гидроксид лития	2980
12-Оксистеариновая кислота	4220
Вода	1671
Литол-24	1471

Расчет теплоты компонентов производится по формуле:

$$Q = G_i * c_i * t_i$$

где: G_i – масса компонента, кг, согласно таблицы материального баланса;

c_i – теплоемкость компонента, Дж/кг*°С, согласно таблицы 4;

t_i – температура компонента, °С по процессу.

Получаем:

- приход тепла в реактор от промышленных масел МИО и МИИ:

$$Q_1 = 195,375 * 2000 * 80 = 31260000 \text{ Дж/кг}$$

- приход тепла в реактор от 12-оксистеариновой кислоты:

$$Q_2 = 26,354 * 4220 * 80 = 8897110,40 \text{ Дж/кг}$$

- приход тепла в реактор от гидроокиси лития с кристаллизационной реакционной водой:

$$Q_{3 \text{ Г.Л.}} = \frac{187}{48 \text{ ч.}} * 2980 * 85 = 986814,58 \text{ Дж/кг}$$

$$Q_{3 \text{ ВОДА}} = \frac{187}{48 \text{ ч.}} * 1671 * 85 = 553344,69 \text{ Дж/кг}$$

Всего:

$$Q_3 = Q_{3 \text{ Г.Л.}} + Q_{3 \text{ ВОДА}} = 986814,58 + 553344,69 = 1540159,27 \text{ Дж/кг}$$

Количество тепла выходящего с литолом-24 из реактора:

$$Q_6 = 229,167 * 1471 * 80 = 26968372,56 \text{ Дж/кг}$$

Количество теплотерь в окружающую среду:

$$Q_5 = Q_6 * \frac{5}{100} = 26968372,56 * \frac{5}{100} = 1348418,63 \text{ Дж/кг}$$

Расчет теплоты реакции:

$\Delta H_p = \Delta H_{\text{обр.стеар. к-та}} + \Delta H_{\text{обр. liOH}} - \Delta H_{\text{обр. Стеаралит li}} + \Delta H_{\text{обр. H}_2\text{O}}$;

$\Delta H_{\text{обр.стеариновая кислота}} = - 760$ [12]

$\Delta H_{\text{обр.гидроксид лития}} = - 487$ [12]

$\Delta H_{\text{обр. H}_2\text{O}} = - 286$ [12]

$\Delta H_{\text{обр. Стеаралит лития}} = - 880$ [12]

$\Delta H_p = -760 + (-487) - (-880) + (-286) = - 81 \text{ кДж.}$

Энтальпия реакции:

$$Q_7 = \Delta H_p * n$$

$$n = \frac{G}{\text{Мобр. стеаралит лития}(11)}$$

где: n – количество компонента вступившего в реакцию;

Мобр. стеаралит лития= 306г/моль [12].

$$n = \frac{11000}{306\text{г/моль}} = 35,95 \text{ кмоль} = 35950 \text{ моль}$$

Тогда энтальпия реакции:

$$Q_7 = 81 * 35950 = 2911950 \text{ Дж}$$

Количество теплоты, подводимой в рубашку реактора:

$$Q_4 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_7 - (Q_5 + Q_6)$$

$$Q_4 = 31260000 + 8897110,40 + 1540159,27 + 2911950 - (1348418,63 + 26968372,56) = 16292428,48 \text{ Дж/кг}$$

Полученные данные занесем в сводную таблицу теплового баланса с учетом производственного цикла 48 ч.

Таблица 10 – Сводная таблица теплового баланса новой установки

Статья прихода			Статья расхода		
Потоки	Дж/кг	%	Потоки	Дж/кг	%
Тепло от промышленных масел МИО и МИИ	31260000	70,08	Тепловые потери в окружающую среду	1348418,63	3,03
Тепло от 12-оксистеариновой кислоты	8897110,40	19,94	Тепло выходящего литола-24	26968372,56	60,45
Тепло от гидроокиси лития с кристаллизационной реакционной водой	1540159,27	3,45	Тепло с теплоносителем АМТ-300	16292428,48	36,52
Тепло эффект реакции	2911950	6,53			
Всего:	44609219,67	100	Всего:	44609219,67	100

3.3 Конструктивный расчет аппарата

3.3.1 Геометрические характеристики реактора

Для качественного получения продукта необходимо рассчитать объем реактора, а также сконструировать перемешивающее устройство, согласно изобретению [23]. В качестве устройства для перемешивания компонентов будет произведен расчет ротора с лопастями, имеющими сложную форму и лопастями статора, которые тоже имеют сложную форму. Данная мешалка имеет улучшенные геометрические характеристики, по сравнению с обычными применяемыми перемешивающими устройствами в производстве пластичных смазок.

Вход сырья в реактор:

$$V_{i(\text{сырья})} = \frac{(m_{\text{сырья}} \cdot 22,4 \cdot T_{\text{сырья}} \cdot P_0)}{273 \cdot P \cdot 3600 \cdot M}$$

где: $m_{\text{сырья}}$ – масса используемого сырья (берется из расчета материального баланса);

$T_{\text{сырья}}$ – температура поступающего сырья в реактор;

M – молярная масса;

$P = 0,1$ МПа;

$P_0 = 0,1013$ МПа.

Объем всех подаваемых компонентов в реактор на одну партию (загрузку) составит:

- объем поступающего индустриального масла И-40А:

$$V_{\text{МИИ}} = \frac{(2750 \cdot 22,4 \cdot 353 \cdot 0,1013)}{273 \cdot 0,1 \cdot 3600 \cdot 100} = 0,224 \text{ м}^3$$

- объем поступающего индустриального остаточного масла:

$$V_{\text{МИО}} = \frac{(6628 \cdot 22,4 \cdot 353 \cdot 0,1013)}{273 \cdot 0,1 \cdot 3600 \cdot 100} = 0,540 \text{ м}^3$$

- объем 12-оксистеариновой кислоты:

$$V_{12-о.к.} = \frac{(787 \cdot 22,4 \cdot 353 \cdot 0,1013)}{273 \cdot 0,1 \cdot 3600 \cdot 306,41} = 0,064 \text{ м}^3$$

где: 306,41 – молярная масса 12-оксистеариновой кислоты.

- объем гидроокиси лития:

$$V_{Г.Л.} = \frac{(187 \cdot 22,4 \cdot 358 \cdot 0,1013)}{273 \cdot 0,1 \cdot 3600 \cdot 23,95} = 0,065 \text{ м}^3$$

где: 23,95 – молярная масса гидроокиси лития [34].

- объем веденной воды кристаллизационной, реакционной:

$$V_{В.} = \frac{(600 \cdot 22,4 \cdot 358 \cdot 0,1013)}{273 \cdot 0,1 \cdot 3600 \cdot 18,01528} = 0,275 \text{ м}^3$$

- объем эластомерного продукта ЭП-БК (бутилкаучук):

$$V_{ЭП-БК} = \frac{(337 \cdot 22,4 \cdot 298 \cdot 0,1013)}{273 \cdot 0,1 \cdot 3600 \cdot 607} = 0,004 \text{ м}^3$$

где: 607 – молярная масса эластомерного продукта ЭП-БК (бутилкаучук) [28].

- объем добавляемой присадки Нафтам-2:

$$V_{Н.2} = \frac{(110 \cdot 22,4 \cdot 298 \cdot 0,1013)}{273 \cdot 0,1 \cdot 3600 \cdot 500} = 0,003 \text{ м}^3$$

где: 219,19 – молярная масса присадки Нафтам-2 [8]

Общий объем поступающих реагентов:

$$\begin{aligned} V_{\text{общ.}} &= V_{\text{МИИ}} + V_{\text{МИО}} + V_{12-о.к.} + V_{Г.Л.} + V_{В.} + V_{ЭП-БК} + V_{Н.2} \\ &= 0,224 + 0,540 + 0,064 + 0,065 + 0,275 + 0,004 + 0,003 \\ &= 1,175 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

Рассчитаем объем получаемого продукта на выходе из реактора:

$$\begin{aligned} V_{i(\text{продукта})} &= \frac{(m_{\text{продукта}} \cdot 22,4 \cdot T_{\text{продукта}})}{273 \cdot P \cdot 3600 \cdot M} \\ V_{i(\text{продукта})} &= \frac{(11000 \cdot 22,4 \cdot 353)}{273 \cdot 0,1 \cdot 3600 \cdot 550} = 1,61 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

где: 550 – молярная масса литола-24 [11].

Определим среднее значение объема

$$V_{i(\text{ср.зн.})} = \frac{1,175 + 1,61}{2} = 1,39 \text{ м}^3$$

Рассчитаем площадь реактора:

$$S = \frac{V_{i(\text{среднее значение})}}{\omega}$$

где: ω – скорость подачи исходных компонентов в реактор, $\omega = 1,5 \text{ м/с}$.

$$S = \frac{1,39}{1,5} = 0,93 \text{ м}^2$$

Диаметр основного аппарата:

$$D = 1,13 * \sqrt{0,93} = 1,09 \text{ м}$$

Принимаем согласно ГОСТ 20680 – 2002 [9] диаметр основного аппарата 1 метр, с номинальным объемом $1,60 \text{ м}^3$ и высотой 2150 мм.

В соответствии с ГОСТ 14249 – 89 [10] толщина обечайки равна:

$$S_r = \frac{P * D}{2 * [G] * \varphi - P}$$

где: $P = 0,1 \text{ МПа}$;

$$G = 152 \text{ Н/мм}^2$$

$$S_r = \frac{0,1 * 1000}{2 * [152] * 1 - 0,1} = 0,0013 \text{ см}$$

$$S = S_r + S_k$$

где: S_k – поправка на коррозию, $S_k = 1 \text{ мм}$;

$$S = 0,0013 + 1 = 1,0013 \text{ см}$$

Толщина днища химического реактора:

$$S = S_r + S_k = 0,0013 + 1 = 1,0013 \text{ см}$$

Диаметр входного штуцера:

$$d_{\text{вход}} = 1,13 * \sqrt{(V_{i(\text{сырья})}/\omega)}$$

где: ω – скорость в трубах, $\omega = 35 \text{ м}^3/\text{ч}$

$$d_{\text{вход}} = 1,13 * \sqrt{(1,175/35)} = 0,200 \text{ м}$$

Диаметр выходного штуцера:

$$d_{\text{выход}} = 1,13 * \sqrt{(V_{i(\text{продукта})} / \omega)}$$

где: $\omega = 35 \text{ м}^3/\text{ч}$.

$$d_{\text{выход}} = 1,13 * \sqrt{(1,61 / 35)} = 0,24 \text{ м}$$

3.3.2 Расчет рубашки аппарата

Расчет рубашки аппарата будет выполнен по методическому указанию [16].

Исходные данные:

- рубашка гладкая приварная;
- материал рубашки: сталь 20К
- напряжение по стали 20К: $[\sigma_{\text{руб.}}] = 147 \text{ МПа}$ [10];
- модуль упругости: $E_{\text{руб.}} = 1,99 * 10^5 \text{ МПа}$ [10].

Так как реактор имеет диаметр 1000 мм, то конструктивно выбираем рубашку диаметром 1100 мм толщиной 30 мм. На рисунке 14 представлена конструкция рубашки с конструктивными особенностями.

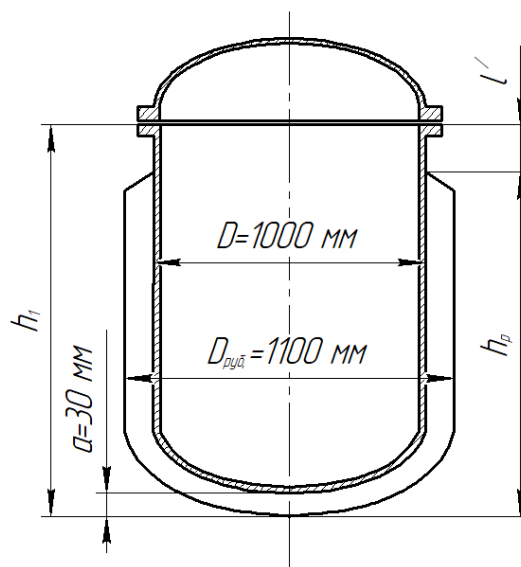


Рисунок 14 – Конструктивный расчет рубашки реактора: h_p – высота рубашки с учетом днища реактора; l – конструктивная величина

Высота корпуса рубашки находим из уравнения:

$$h_1 = H - (H_3 + 100)$$

$$H_3 = 250 * D$$

где: 100 мм – размер, который примерно учитывает высоту цилиндрической отбортовки крышки и толщину фланца крышки.

Получаем высоту корпуса рубашки:

$$h_1 = 2150 - (250 * 1,0 + 100) = 1800 \text{ мм}$$

Рассчитаем высоту рубашки с учетом днища:

$$h_p = h_1 + a - l'$$

где: l' – конструктивная величина, $l' = 150$ мм.

Получаем:

$$h_p = 1800 + 30 - 150 = 1680 \text{ мм}$$

Расчет обечайки рубашки.

Расчетное давление в рубашке рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{\text{руб.}} = P'_{\text{руб.}} + P_{\text{г}}$$

где: $P'_{\text{руб.}}$ – давление в рубашке, $P'_{\text{руб.}} = 0,1$ МПа

$P_{\text{г}}$ – гидростатическое давление в нижней части рубашки.

Нагрев аппарата происходит при помощи подачи масла АМТ-300 в рубашку реактора с температурой 120°C, тогда:

$$\begin{aligned} P_{\text{АМТ-300}} &= \rho_{\text{АМТ-300}} * g * h_p = 901 * 9,81 * 1,68 \\ &= 14849,20 \text{ Па или } 0,015 \text{ МПа} \end{aligned}$$

где: $\rho_{\text{АМТ-300}}$ – плотность масла АМТ-300, при температуре 120°C, $\rho_{\text{АМТ-300}} = 901 \text{ кг/м}^3$ [25].

Оценим величину гидростатического давления:

$$\Delta P = \frac{P_{\text{АМТ-300}}}{P'_{\text{руб.}}} = \frac{0,015}{0,1} = 0,15\%$$

Значение гидростатического давления $\Delta P = 0,15\% \leq 5\%$, то гидростатическое давление не учитывается. Тогда гидростатическое давление принимается $P_{\text{АМТ-300}} = 0,5 \text{ МПа}$.

Толщина стенки обечайки рубашки от внутреннего расчетного давления:

$$S_{\text{руб.}} = \frac{P_{\text{АМТ-300}} * D}{2 * [\sigma_{\text{руб.}}] * \varphi * P_{\text{АМТ-300}}} = \frac{0,5 * 1000}{2 * 147 * 0,9 * 0,5} = 3,8 \text{ мм}$$

где: φ – коэффициент прочности сварного шва, $\varphi = 0,9$.

Осевая растягивающая сила для рубашки:

$$F_{\text{руб.}} = \frac{\pi * D^2}{4} * P_{\text{АМТ-300}} = \frac{3,14 * 1000^2}{4} * 0,5 = 392500 \text{ Па}$$

Необходимая площадь теплообменной поверхности:

$$F_{\text{т.п.}} = \frac{Q}{k * \tau * \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{16292428,48}{1,13 * 8 * 3600 * 101,5} = 4,93 \text{ м}^2$$

где: Q – тепловая нагрузка берется из теплового баланса, $Q = 16292428,48 \text{ Дж/кг}$;

k – коэффициент теплопередачи, $k = 1,13 \text{ Вт/(м * } ^\circ\text{C)}$;

τ – время проведения процесса, с

$\Delta t_{\text{ср}}$ – средний температурный напор:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{120 - 85}{\ln \frac{120}{85}} = 101,5^\circ\text{C}$$

Площадь теплообменной поверхности реактора с рубашкой равна:

$$F = \pi * D_{\text{р.реак.}} * h_{\text{р}} + F_{\text{дн}}$$

где: $F_{\text{дн}}$ – площадь поверхности днища;

$D_{\text{р.реак.}}$ – диаметр реактора с рубашкой.

Площадь поверхности днища рассчитывается по формуле:

$$F_{\text{дн}} = \pi * D * (h_2 + 0,5 * D)$$

Рассмотрим рисунок 15 к расчету поверхности днища реактора.

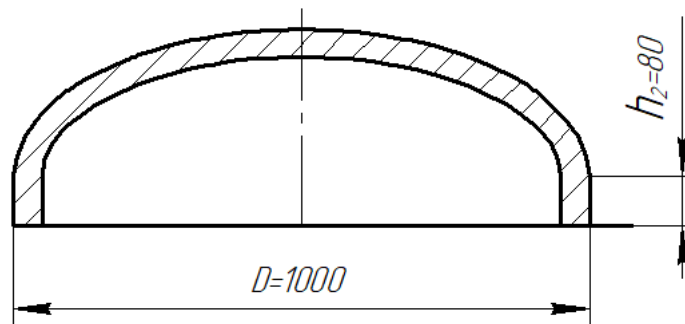


Рисунок 15 – К расчету днища реактора

Получаем:

$$F_{\text{дн}} = 3,14 * 1,0 * (0,08 + 0,5 * 1,0) = 1,82 \text{ м}^2$$

Тогда площадь теплообменной поверхности реактор с рубашкой составит:

$$F = 3,14 * 1,1 * 1,68 + 1,82 = 7,62 \text{ м}^2$$

Следовательно, выбранный реактор с рубашкой с площадью теплообмена $7,62 \text{ м}^2$ обеспечит нагрев реакционной смеси до заданной температуры, так как она больше необходимой площади теплообменной поверхности $4,93 \text{ м}^2$.

Толщина стенки обечайки рубашки от осевой растягивающей силы:

$$S_F \geq \frac{F_{\text{руб.}}}{\pi * D * [\sigma_{\text{руб.}}] * \varphi} = \frac{392500}{3,14 * 1000 * 147 * 0,9} = 0,95 \text{ мм}$$

Толщина стенки из полученных расчетных данных принимается толщина большего значения, то есть $S_{\text{руб.}} = 3,8 \text{ мм}$.

3.3.3 Расчет перемешивающего устройства

Расчет рубашки аппарата будет выполнен по методическому указанию [15]. Так как мешалка модифицированная, то все ее устройства будут рассчитываться отдельно.

Диаметр мешалки, имеющая скребки:

$$d_M = 0,997 * D = 0,997 * 1000 = 997 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр мешалки $d_M = 997 \text{ мм}$.

Исходные данные: - высота анкерного элемента $h = 200 \text{ мм}$; - ширина мешалки: $b = 120 \text{ мм}$; - диаметр вала: $d = 65 \text{ мм}$; - диаметр ступицы: $d_c = 110 \text{ мм}$; - толщина лопасти: $S = 14 \text{ мм}$.

Определим центробежное число Рейнольдса:

$$Re_{\text{ц}} = \frac{\rho * n * d_M^2}{\mu} = \frac{892 * 2,25 * 0,997^2}{0,8} = 2493,72$$

где: ρ – плотность жидкости, $\rho = 892 \text{ кг/м}^3$;

n – частота вращения мешалки, с^{-1} . Согласно патенту $n = 150 \text{ об/мин}$.

Следовательно, частота вращения мешалки, с^{-1} составит $n = 150 * \frac{1}{60} = 2,25 * \text{с}^{-1}$;

μ – вязкость, $(\text{Н*с}) * \text{м}^2$, $\mu = 0,8 (\text{Н*с}) * \text{м}^2$.

Определим номинальную мощность, которая затрачивается на анкерный элемент:

$$N_{\text{анк.эл.}} = k_N * \rho * n^3 * d_M^5$$

где: k_N – критерий мощности.

Для анкерного элемента при $Re_{\text{ц}} > 10^2 \div 4 * 10^4$ критерий мощности k_N определяется по формуле:

$$k_N = C * Re_{\text{ц}}^{0,77} * \left(\frac{h}{d_M}\right)$$

где: $C = 12$ – с 2 лопастями.

Получаем:

$$k_N = 12 * 2493,72^{0,91} * \left(\frac{200}{997}\right) = 2969,25$$

Тогда номинальная мощность для анкерного элемента составит:

$$\begin{aligned} N_{\text{анк.эл.}} &= 2969,25 * 892/1000 * 2,25^3 * 0,997^5 \\ &= 29719,05 \text{ Вт или } 29,72 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Для четырехлопастной мешалки, имеющая 3 ряда лопастей с углом наклона 45° при $Re_{\text{ц}} > 4 * 10^4$ критерий мощности k_N определяется по формуле:

$$k_N = 1,09 * Re_{\text{ц}}^{0,91} \left(\frac{D}{d}\right)^{0,31} = 1,09 * 2493,72^{0,91} * \left(\frac{1000}{997}\right)^{0,31} = 1345,74$$

Тогда номинальная мощность потребляемой четырехлопастной мешалки, имеющая 3 ряда лопастей с углом наклона 45° составит:

$$\begin{aligned} N_{4 \text{ лоп. меш.}} &= 1345,74 * 892/1000 * 2,25^3 * 0,997^5 \\ &= 13469,43 \text{ Вт или } 13,47 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Мощность, затрачиваемая на трение скребковых лопастей:

$$\begin{aligned} N_{\text{т}} &= 0,18 * (N_{\text{анк.эл.}} + N_{4 \text{ лоп. меш.}}) = 0,18 * (29719,05 + 13469,43) \\ &= 7773,93 \text{ Вт или } 7,77 \text{ кВт} \end{aligned}$$

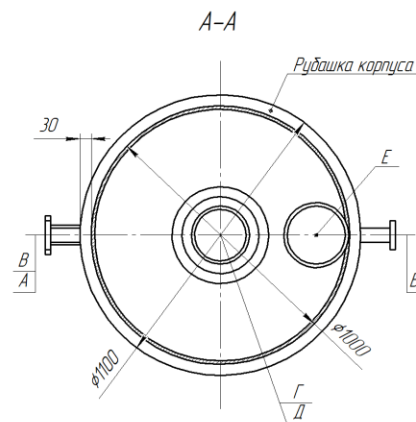
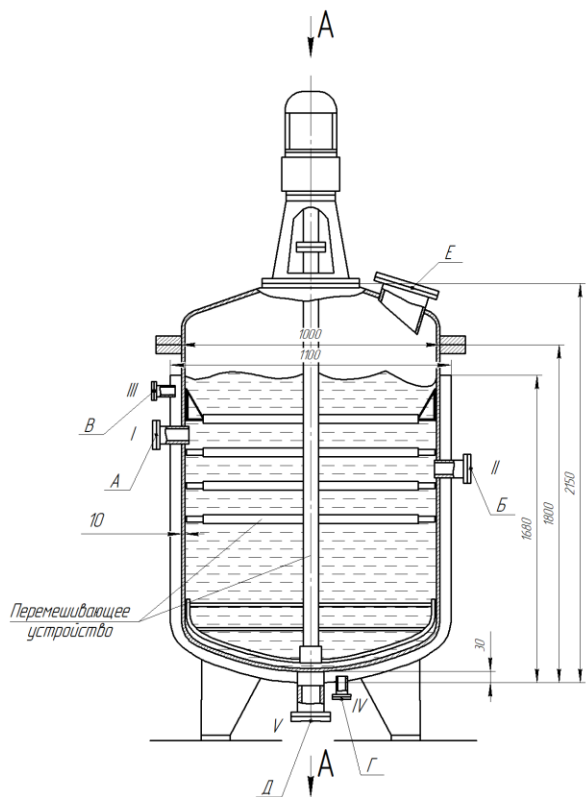
Номинальная мощность электродвигателя:

$$\begin{aligned} N_{\text{э}} &= \frac{(N_{\text{анк.эл.}} + N_{4 \text{ лоп. меш.}}) + N_{\text{т}}}{\eta_{\text{п}}} = \frac{(29719,05 + 13469,43) + 7773,93}{0,93} \\ &= 54798,29 \text{ Вт или } 54,80 \text{ кВт} \end{aligned}$$

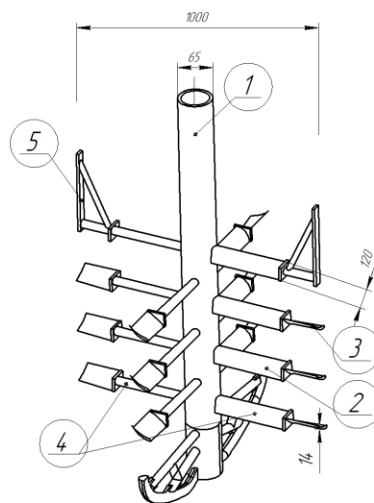
где: $\eta_{\text{п}}$ – коэффициент полезного действия привода, $\eta_{\text{п}} = 0,9 \div 0,96$.

Принимаем $N_{\text{э}} = 55 \text{ кВт}$.

По полученным расчетным данным выполним чертеж конструктивного реактора с перемешивающим устройством, который указан на рисунке 16.



Перемешивающее устройство



Условные обозначения:

- | | |
|-----------------------------------|------------------------|
| I – вход смеси, | ① – вращающийся вал, |
| II – выход смеси, | ② – комплект лопастей, |
| III – вход теплоносителя АМТ-300, | ③ – комплект лопаток, |
| IV – выход теплоносителя АМТ-300, | ④ – ярус лопастей, |
| V – дренаж. | ⑤ – комплект скребок. |

Таблица штуцеров

Обозначение	Наименование	Кол-во	Диаметр D, мм	Давление условн. МПа
A	Вход смеси	1	200	0,1
Б	Выход смеси	1	240	0,1
В	Вход теплоносителя АМТ-300	1	50	0,5
Г	Выход теплоносителя АМТ-300	1	50	0,5
Д	Дренаж	1	100	0,1
Е	Люк	1	300	0,1

Техническая характеристика

1. Аппарат предназначен для эффективного и рационального смешивания исходных реагентов.
2. Емкость аппарата V=160 М³.
3. Рабочее давление в аппарате – 0,1 МПа.
4. Рабочее давление в рубашке – 0,5 МПа.
5. Температура в аппарате не более 120°С.
6. Среда в аппарате – агрессивная, токсичная.

Технические требования

1. При изготовлении аппарата руководствоваться требованиями а) ГОСТ 12.2.003-91 "Оборудование производственное. Общие требования безопасности"; б) ОСТ 26291-79 "Сосуды и аппараты стальные сварные. Технические требования".
2. Материал деталей аппарата соприкасающихся с агрессивной средой – сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-2014, остальных – сталь 3ст ГОСТ 380-2005.
3. Материал рубашки сталь 20К ГОСТ 14249-89 "Сосуды и аппараты. Нармы и методы расчета на прочность".
4. Материал прокладок – паронит ПОН-1 ГОСТ 481-80 "Паронит и прокладки из него. Технические условия".
5. Сварные соединения должны соответствовать требованиям ОСТ 26-260-3-2001 "Сварка в химическом машиностроении. Основные положения".

Рисунок 16 – Конструктивный реактор с перемешивающим устройством

Согласно регламенту [27] предприятия, время производственного цикла составляет 48 ч., то номинальная мощность электродвигателя составит:

$$N_{\text{цикл}} = 48 * 55 = 2640 \text{ кВт/цикл}$$

На сегодняшний день в Гольягги стоимость электроэнергии за 1 кВт/ч составляет 5,04 руб., [36] следовательно, на один цикл уйдет:

$$2640 * 5,04 = 13305,60 \text{ руб.}$$

Вывод по расчетной части: в расчетной части, согласно действующего нормативного документа ГОСТ 20680 – 2002, был подобран реактор диаметром 1 м., с номинальным объемом 1,60 м³ и высотой 2150 мм. Произведен расчет рубашки аппарата, внутри которого, протекает теплоноситель масло АМТ-300. Выполнен расчет применяемой модифицированной мешалки, где была определена номинальная мощность электродвигателя, которая составляет 6 кВт.

Стоит сделать вывод о том, что используемая мешалка будет отвечать требованиям технологического процесса в производстве технологии регенерации отработанных масел на предприятии АО «Фосфохим», которая будет выполнять функции эффективного и рационального перемешивания многофазной рабочей среды в реакторе, гарантируя при этом высокую степень перемешивания до однородной массы.

Заключение

В выпускной квалификационной работе была рассмотрена технология регенерации переработки отработанного масла на предприятии АО «Фосфохим».

Проведен анализ технологической схемы для регенерации отработанных масел, а также применяемого оборудования для процесса получения пластичной смазки литол-24. После проведения анализа были выявлены недостатки в технологической части, связанные с неправильным подбором перемешивающего устройства, вследствие чего, получаемая смазка литол-24 теряет свою форму, что не должно происходить, согласно техническим требованиям ГОСТ 21150-2017 [11]. Также на стенках реактора образуется не перемешавшиеся компоненты в виде комков.

Использование перемешивающего устройства по патенту RU 2674953 позволит эффективно и рационально перемешать многофазную рабочую среду, гарантируя при этом высокую степень перемешивания до однородной массы.

После составления расчетной части было определено: а) диаметр реактора $D = 1,0$ м, объемом $V = 1,60$ м³, и высотой $H = 2,15$ м, согласно ГОСТ 20680 – 2002; б) высота рубашки с учетом дна реактора $h_1 = 1,68$ м, гидростатическое давление в рубашке $P_{\text{АМТ-300}} = 0,5$ МПа, толщина стенки рубашки реактора $S_{\text{руб.}} = 3,8$ мм; в) диаметр мешалки $d_m = 0,997$ м, номинальная мощность потребляемой мешалки 55 кВт; г) затрачиваемая электроэнергия на один цикл составляет 2640 кВт, стоимостью 13305,60 руб.

Стоит сделать вывод о том, что используемая мешалка будет отвечать требованиям технологического процесса в производстве технологии регенерации отработанных масел на предприятии АО «Фосфохим», которая будет выполнять функции эффективного и рационального перемешивания многофазной рабочей среды в реакторе, гарантируя при этом высокую степень перемешивания до однородной массы.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Авторское свидетельство № 722560 А1, МПК В01F 7/24 (1990.01). Аппарат для обработки высоковязких жидкостей : № 2183610 : заявл. 15.02.1972 : опубл. 25.03.1980/ Архаров С. Н., Арутюнов И. А., Боголепова Т. И., Вишняков В. Н., Гуревич Ю. Н., Осипов О. С., Павлов Н. Г., Сазыкин В. В., Ушаков В. Г.
2. Авторское свидетельство № 1473825 А1, МПК В01F 7/16 (2006.01), В01F 7/24 (2006.01), В01F 7/32 (2006.01). Аппарат для обработки высоковязких жидкостей : № 4190248 : заявл. 03.02.1987 : опубл. 23.04.1989/ Коба А. П., Петрушин С. С., Тихонов В. П., Мушкет Б. П., Садлаев О. О.
3. Аксенов Л.Н., Лясникова Н.Н., Кунавин С.А. и др. Расчет химического аппарата с механическим перемешивающим устройством.
4. Аль-Саади Д.А.Ю., Першин В.Ф., Остриков В.В, Забродская А.В. Повышение эксплуатационных свойств смазок добавками графенового концентрата // Научное обозрение. – 2017, № 19. – С. 70-74.
5. Брагинский Л. Н., Бегачев В. И., Барабаш В. М. Перемешивание в жидких средах: Физические основы и инженерные методы расчета. – Л.: Химия, 1984, - 336 с.
6. Волошин Е. В. Технологическое оборудование для выполнения подготовительных операций: методические указания: в 2 ч. Часть 1. – 2019.
7. ГОСТ 21046-2021 Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия.
8. ГОСТ 39-79 Нафтам-2. Технические условия.
9. ГОСТ 20680-2002 Аппараты с механическими перемешивающими устройствами. Общие технические условия.
10. ГОСТ 14249-89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
11. ГОСТ 21150-2017 Смазки Литол-24. Технические условия

12. Ельникова Л.В., Пономаренко А.Т., Шевченко В.Г. Релаксационные и диэлектрические свойства смазочных композиций на основе литола-24 с мезогенными присадками // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). 2018;(10- 12):60-69.

13. Жилин Ю. Н., Иванкин А. Н. Процессы Массопереноса В Системах С Участием Твердой Фазы. Ч1 Химические Реакторы. – 2016.

14. Константинов В. С. Основные Типы И Конструкции Механических Перемешивающих Устройств. – 2016.

15. Красилов А. Р., Сухарев А. Д., Черевко Н. А. Повышение Эффективности Работы Сепаратора При Отделении Газовой Среды От Нефти //Актуальные Проблемы Авиации И Космонавтики. – 2020. – С. 1008-1009.

16. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Справочник. – Л.: Машиностроение, 1970.

17. Патент № 2172333С2 Российская Федерация, МПК С10М 145/20 (2000.1), С10N 30/06 (2000.1). Пластичная смазка : № 99107793/04 : заявл. 08.04.1999 : опубл. 20.08.2001/ Коршунов С. П. , Сабитов С. С. , Калашников Ю. К., Сабитов М. С., Шакола А. Е., Величко П. И., Кудрявцева Н. А., Писарева В. С., Орлов Ю. Н. , Пятницын Г. И.

18. Патент № 2048507С1 Российская Федерация, МПК С10М 169/04 (2006.1), С10М 117/04 (2006.1), С10М 125/22 (2006.1), С10М 133/06 (2006.1), С10М 135/20 (2006.1), С10М 147/02 (2006.1), С10N 30/06 (2006.1). Пластичная смазка : № 5047808/04 : заявл. 15.06.1992 : опубл. 20.11.1995/ Шибряев С. Б., Фукс И. Г., Кузнецов В. А., Немец В. Л., Коронелли Т. В., Каминский С. Э., Райхман Л. М., Бэгар В. А., Киташов Ю.Н., Афонин В.В.

19. Патент № 2622398С1 Российская Федерация, МПК С10М 161/00 (2006.1), С10М 169/00 (2006.1), С10М 105/38 (2006.1), С10М 133/12 (2006.1), С10М 117/00 (2006.1), С10М 125/22 (2006.1), С10М 147/02 (2006.1), С10N 40/02 (2006.1). Морозостойкая смазка : № 2016136387 : заявл. 09.09.2016 :

опубл. 15.06.2017/ Чулков И. П., Одинец Л. Г. Реморов Б. С., Земляная Т. П., Глядяев Д. Ю., Евдокимов И. А., Быков С. А., Савинков С. А., Федоров И. Е.

20. Патент № 2692090 С1 Российская Федерация, МПК С10М 119/20 (2006.1), С10М 177/00 (2006.1), С10М 169/06 (2006.1), С10N 30/02 (2006.1). Способ получения биоразлагаемой низкотемпературной пластичной смазки : № 2018139521 : заявл. 09.11.2018 : опубл. 21.06.2019/ Ильин С. О., Ядыкова А. Е., Горбачева С. Н., Антонов С. В.

21. Патент № 2443765С1 Российская Федерация, МПК С10М 141/08 (2006.1), С10М 125/02 (2006.1), С10М 125/22 (2006.1), С10М 143/06 (2006.1), С10М 135/36 (2006.1), С10М 117/00 (2006.1), С10N 30/06 (2006.1). Смазка для узлов трения подшипников качения и скольжения : № 2010139907/04 : заявл. 28.09.2010 : опубл. 27.02.2012/ Букин В. Е.

22. Патент № 2698463С1 Российская Федерация, МПК С10М 169/04 (2006.1), С10М 125/10 (2006.1), С10М 101/02 (2006.1), С10М 117/02 (2006.1), С10М 143/00 (2006.1), С10М 129/28 (2006.1), С10N 30/06 (2006.1), С10N 30/12 (2006.1), С10N 40/00 (2006.1). Многоцелевая пластичная смазка : № 2019115338 : заявл. 20.05.2019 : опубл. 27.08.2019/ Евстафьев А. Ю., Колыбельский Д. С. , Порфирьев Я. В., Шувалов С. А., Ермакова О. В.

23. Патент № 2674953С2 Российская Федерация, МПК В01F 7/22 (2006.01). Ротор и перемешивающее устройство : № 2016149510 : заявл. 12.08.2015 : опубл. 13.12.2018/ Регаттьери Д., Маркетти Д., Брандолин А.

24. Петьков В. И., Корытцева А. К. Химические реакторы //Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет. – 2012.

25. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник – М., 1983.

26. Теплопроводность газов и жидкостей. Н. В. Цедерберг. М.: Госэнергоиздат, 1963. — 408 с.

27. Технологический регламент производства пластичной смазки Литол-24. ЗАО «ФОСФОХИМ».

28. ТУ 38.003 169-79 Бутилкаучук марок БК-0845ТД.
29. Физические величины. Справочник. А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др.; Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 1232 с.
30. Фукс И.Г. Пластичные смазки. М.: Химия, 1972. 158 с.
31. Dresel W., Heckler R. P. Lubricating greases //Lubricants and Lubrication. – 2017. – С. 781-842.
32. Khamidullaevna A. Z., Kobulovna S. D. Development of Technology for the Production of Grease Based on Local and Secondary Raw Materials //Texas Journal of Engineering and Technology. – 2022. – Т. 7. – С. 5-7.
33. Klemgard E. N. Lubricating greases. – Book department, The Chemical catalog Company, Incorporated, 1927.
34. Seidell A. Solubilities of inorganic and metal organic compounds. – 3ed., vol.1. – New York: D. Van Nostrand Company, 1940. – С. 929-930.
35. Kuz'michev S. P. et al. Multipurpose greases based on lithium hydroxystearate //Chemistry and Technology of Fuels and Oils. – 1973. – Т. 9. – №. 1. – С. 57-59.
36. URL: <https://energoseti.ru/rate/tolyatti> (дата обращения 25.09.2023 г.)