МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К. И. Сатпаева

Институт автоматики и информационных технологий

Кафедра автоматизации и управления

Гуляев Александр Александрович

Разработка системы автоматического регулирования процессами дистилляционной колонны газовой отрасли

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

Специальность 5В070200 – Автоматизация и управление

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К. И. Сатпаева

Институт автоматики и информационных технологий

Кафедра автоматизации и управления

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой АиУ
к.ф.м.н., ассоц. профессор
_____ Алдияров Н. У.
"16" мая 2022 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

На тему: “Разработка системы автоматического регулирования процессами дистилляционной колонны газовой отрасли”

по специальности: 5В070200 - Автоматизация и управление

Выполнил Гуляев А. А.

Рецензент
канд. техн. наук, доц.
_____ Юничева Н. Р.
(подпись)
"16" мая 2022 г.

Научный руководитель
канд.техн.наук, ассоц. проф.
_____ Ширяева О. И.
(подпись)
"12" мая 2022 г.

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева

Институт автоматики и информационных технологий

Кафедра автоматизации и управления

5В070200 - Автоматизация и управление

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой АиУ
к.ф.м.н., ассоц. профессор
_____ Алдияров Н. У.
"18" мая 2022 г

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Гуляев А. А.
Тема: "Разработка системы автоматического регулирования процессами дистилляционной колонны газовой отрасли".
Утвержден приказом ректора Университета № 489-П/Ѳ от "24" декабря 2021 г.
Срок сдачи законченной работы: "21" апреля 2022 г.
Исходные данные дипломного проекта: технологическая схема дистилляционной колонны, основные данные процессов с реальных дистилляционных башен.
Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов или краткое содержание дипломного проекта: а) анализ технологического процесса; б) разработка функциональной схемы автоматизации и структурный схемы системы управления; в) решение задач анализа и синтеза системы. Перечень графического материала: функциональная схема автоматизации дистилляционной колонны.
Рекомендуемая основная литература: 1) Е. Б. Андреев, А. И. Ключников, Автоматизация технологических процессов добычи и подготовки нефти и газа. 2) С. Е. Абрамкин, С. Е. Душин, Моделирование управляемых процессов абсорбционной очистки

ГРАФИК

подготовки дипломного проекта

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Технологический раздел	02.03.2022 г.	
Специальный раздел	15.04.2022 г.	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Научный руководитель, консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Технологический раздел	канд.техн.наук, ассоциированный профессор Ширяева О. И.	12.05.2022	
Специальный раздел	канд.техн.наук, ассоциированный профессор Ширяева О. И	12.05.2022	
Нормоконтролер	Ассистент-профессор Сарсенбаев Н. С.	12.05.2022	

Научный руководитель _____ Ширяева О. И.

Задание принял к исполнению обучающийся _____ Гуляев А. А.

Дата "5" 01 2022 г.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жобада газ саласының дистилляциялық колонна процестерімен автоматты реттеу жүйесін зерттеу және дамыту жүргізілді, жүйені тұрақтылыққа зерттеу жүргізілді, Функционалды және құрылымдық схеманың толық сипаттамасы жасалды, әртүрлі реттегіштер салыстырылды. MATLAB және Simulink командалық жолында модельдер салынды, өтпелі графиктер шығарылды.

Бірнеше кірісі және бірнеше шығысы бар жүйемен (MIMO) жұмыс істеу үшін айдау колоннасының процестері ажыратылды.

Сондай-ақ, реттегіштерді салыстырғаннан кейін оңтайлы реттегіш табылды, содан кейін реттегіш үшін коэффициенттерді таңдаудың оңтайлы әдісін зерттеу және іздеу жүргізілді.

Соңында жүйеде реттегіштерсіз және реттегіш коэффициенттерін қосқаннан және реттегеннен кейін тікелей сапа бағаларын салыстыру жүргізілді.

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте было проведено исследование и разработка системы автоматического регулирования процессами дистилляционной колонны газовой отрасли, произведены исследования системы на устойчивость, произведено полное описание функциональной и структурной схемы, произведено сравнение различных регуляторов. Были построены модели в командной строке MATLAB и Simulink, выведены графики переходных процессов.

Для того чтобы работать с системой с несколькими входами и несколькими выходами (MIMO) была произведена развязка процессов дистилляционной колонны.

Также после сравнения регуляторов был найден оптимальный регулятор и далее было проведено исследование и поиск оптимального метода подбора коэффициентов для регулятора.

В конце было проведено сравнение прямых оценок качества без регуляторов в системе и после подключения и настройки коэффициентов регуляторов.

ANNOTATION

In this diploma project, the research and development of an automatic control system for the processes of the distillation column of the gas industry was carried out, the system was studied for stability, a complete description of the functional and structural scheme was made, and various regulators were compared. Models were built in the command line of MATLAB and Simulink; graphs of transients were displayed.

To work with a system with multiple inputs and multiple outputs (MIMO), the distillation column processes were decoupled.

Also, after comparing the regulators, the optimal regulator was found and then a study and search for the most optimal method of selecting coefficients for the regulator was carried out.

At the end, direct quality assessments were compared without regulators in the system and after connecting and adjusting the coefficients of the regulators.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 9
1 Технологическая часть 10
1.1 Процесс дистилляции и способы добычи газа 10
1.2 Строение дистилляционных колонн 14
1.3 Принцип работы дистилляционной колонны 19
1.4 Функциональная схема дистилляционной колонны 20
2 Расчётная часть 21
2.2 Математическое моделирование процесса 21
2.4 Параметрическая настройка типовых регуляторов 26
2.5 Сравнивание разным методов настройки регуляторов 36
2.6 Прямые оценки качества системы до и после регулирования 38
Заключение 40
Список использованной литературы 41
Приложение А
Приложение Б

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время дистилляционная колонна является важнейшим элементом, который используется для дистилляции жидкостных смесей для разделения фракций на основе различий в валентности и для разделения смеси.

Дистилляционные колонны (башни) в настоящее время нашли широкое применение в газовой и нефтяной промышленности, так как необходимость в чистом, обработанном газе растёт с каждым годом.

Потребление газа повышается в связи с ростом цен на нефтепродукты, такие как бензин, по отношению к газовым продуктам, также спрос на газ повышается в связи с тем, что больше автомобилистов переходят на чистое топливо. Также подключение газового отопления в большинство зданий в нашей стране вызывает необходимость повышения производства чистого газа, которое происходит на нефтегазовом производстве.

Процесс дистилляции вероятнее всего в данный момент является наиболее широко используемым процессом разделения в химической и газовой, а также иных смежных отраслях промышленности. Типичная дистилляционная колонна

Актуальность работы заключается в том, что производится модернизация системы, улучшение выходных значений данной системы, при отсутствии и возникновении возмущений. Также с каждым годом идёт рост спроса готового, очищенного газа и вследствие этого возникает необходимость в повышении эффективности существующих дистилляционных колонн и тех, что будут построены в ближайшее время.

В данном дипломном проекте **целью являются** разработка системы автоматического регулирования процессами дистилляционной колонны газовой отрасли.

Главными задачами данного дипломного проекта являются:

- описание процесса подготовки газа, а также описание строения, структуры и состава дистилляционной колонны;
- нахождение оптимального регуляторов для данной системы;
- проведение исследования системы, её работы с различными методами подбора коэффициентов для регуляторов;
- сравнение полученных результатов моделирования, сравнение системы до и после проделанного регулирования.

1 Технологическая часть

1.1 Процесс дистилляции и способы добычи газа

Для начала что такое дистилляция, дистилляция — это метод разделения смесей, который широко распространён во всём мире, основан данный метод разделения на различных условиях, необходимых для изменения компонентов смеси. Для разделения жидкости используется нагревание, чтобы компоненты, имеющие разные точки кипения перевести в газовую форму. После этого происходит конденсирование газа обратно в жидкую форму и собирается. Для повышения уровня чистоты жидкости (продукта) можно провести повторную дистилляцию, данный процесс называется двойной дистилляцией. Данный термин применяется как к жидкостям, так и к газам, для разделения используется обратный процесс, который работает путём сжижения газообразных компонентов, для этого используют изменение температуры и/или давления [1].

В промышленных башнях используют рефлюкс, это часть дистиллята, возвращающаяся обратно в верхнюю часть дистилляционной колонны для достижения более качественного разделения продуктов, рефлюкс работает по следующему принципу, при попадании в колонну он производит охлаждение и конденсацию восходящих внутри колонны паров, тем самым эффективность дистилляционной башни повышается. Чем больше рефлюкса поступает в колонну, тем эффективнее башня отделает компоненты с низкой температурой кипения от материалов, имеющих более высокую точку кипения. Количество рефлюкса регулируется в зависимости от того, какой используется корм и какие будут желаемые продукты.

В настоящее время природный газ, добываемый как на газовых, так и на газоконденсатных месторождениях, транспортируют к потребителям используя магистральные пути, так называемые газопроводные магистрали. И, в связи с этим возникает необходимость качественной подготовки природного газа.

Главным и основным требованием к качественной подготовке природного газа является следующее, полное отсутствие конденсации воды и углеводородов при давлении, которое является основным рабочим давлением во всех газопроводных магистралях [2]. Данные требования обуславливаются тем, что природный газ, который добывается на прямую с подземных газовых источников, имеет в своём составе капельную влагу, тяжелые углеводороды и механические примеси, такие как песок и тому подобные. Избыточная концентрация водяных паров способна создавать критические аварийные ситуации во время транспортировки природного газа по газопроводным магистралям. Касательно срока службы он полностью зависит от скорости коррозии самого трубопровода, а это в свою очередь зависит от влаги, присутствующей в составе газа, и из-за этой влаги происходит быстрое окисление металлов внутри трубопроводной системы. Также помимо влаги, в составе природного газа присутствуют и другие элементы, которые негативно сказываются на общем состоянии газопровода и сокращают его общий срок

службы, к этим элементам можно отнести гидраты, которые образуются путём соединения капельной воды с летучими парами жидких углеводородов, наличие гидратов в трубопроводе способствует затруднению движения газа, частичной или полной закупорки технологического оборудования, а это в свою очередь вызывает сильные повреждения этого же оборудования [3]. Закупорка появляется по причине того, что соединение воды и летучих паров жидких углеводородов конденсируются внутри газопровода и образуют эмульсии, а они в свою очередь при нормальном рабочем давлении переходят в твёрдое состояние. Вследствие этого, так называемая осушка газа является важнейшим процессом, способствующим успешной работе всей системы подготовки природного газа и транспортировки его по газопроводным магистралям до конечного потребителя. Вся подготовка природного газа производится на установке комплексной подготовки газа, сокращённо УКПГ [4], данная установка подключена к общей, единой системе сбора газа. В настоящее время существует 4 разновидности системы сбора газа, это – линейная, лучевая, кольцевая и групповая. Данные виды систем сбора газа предоставлены ниже на рисунке 1.1.

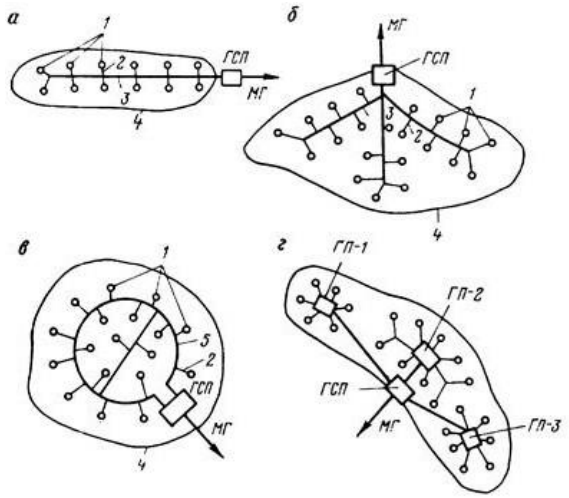

Рисунок 1.1 – Виды сборки газа на газовых месторождениях

Начнём с линейной системы сбора газа (а), данная схема сбора применяется в основном на газовых месторождениях, которые имеют вытянутую площадь газоносности.

Следующая система сбора это – лучевая схема (б), данная схема применяется в случае, если эксплуатация газовых пластов является раздельной и имеет различные начальные давления и состав газа, в случае аварийной ситуации на такой системе сбора, большая часть скважин отключается.

Третий вид сбора газа это – кольцевая схема (в), она используется на больших площадях пласта, большом количестве скважин и при различных потребителях газа. Касательно экономической части, данная схема имеет большую цену по сравнению с лучевой, но имеет более высокий уровень

надёжности, так как в случае возникновения аварийной ситуации система отключается только в месте аварии, а остальные скважины продолжают работать в штатном режиме.

И последний вид сбора природного газа это – групповая схема сбора (г), в отличии от предыдущих видов, данная система отличается тем, что имеет раздельную транспортировку газа и конденсата, начиная от точки сбора газа и до головных сооружений.

В газовой отрасли существует 3 стандартных способа подготовки природного газа это – абсорбция, то есть, процесс очистки и осушки природного газа, данный технологический процесс, предназначен для извлечения жидких углеводородов и воды из газового потока с помощью поглотителей жидкости, такие как гликоли и масло [5]. Адсорбционная осушка и очистка природного газа – технологический процесс, предназначенный для того, чтобы извлекать жидкие углеводороды и воду путём использования твёрдых поглотителей жидкости, к примеру это песок и оксид железа. Низко температурная сепарация природного газа, этот технологический процесс, созданный для извлечения жидких углеводородов и влаги из газового потока при низких температурах. В настоящее время наибольшую популярность, распространённость имеет адсорбционный метод осушки газа [6], поскольку этот метод имеет ряд экономических и технологических преимуществ перед низко температурной сепарацией и адсорбцией, преимущества имеются следующие:

- небольшие затраты на строительство сооружений (примерно в 3–4 раза меньше, чем при адсорбции);
- минимальные перепады давления в самой установке;
- непрерывность и простота эксплуатации, относительная простота управления технологическим процессом;
- возможность разработки компактных, лёгких и транспортабельных товаров;
- минимальные потери сорбента;
- более длительный срок службы сорбента по сравнению с твёрдой адсорбцией более низкая стоимость.

К основным недостатках процесса абсорбции относятся:

- меньшее извлечение влаги, чем при осушке с помощью адсорбентов;
- возможность увеличения потери сорбента в присутствии некоторых тяжелых углеводородов из-за склонности растворов к пенообразованию.

Абсорбция газа – это, по своей сути, физический процесс, поскольку между целевым компонентом (влагой), поглощённым из газовой фазы, и поглотителем не происходит химической реакции. Подготовка природного газа к транспортировке методом адсорбционной осушки в установке комплексной подготовки газа, сокращённо УКПГ, осуществляемая в замкнутом цикле, в жидкой фазе. Данный процесс происходит при низкой температуре, около (10-20°С) и высоком давлении (7.5-10.5 Мпа) [7], а процесс десорбции, наоборот, происходит при высокой температуре, до 164°С и низком давлении, атмосферный или технический вакуум.

Система «Абсорбция» состоит из трёх подсистем и показана на рисунке 1.2

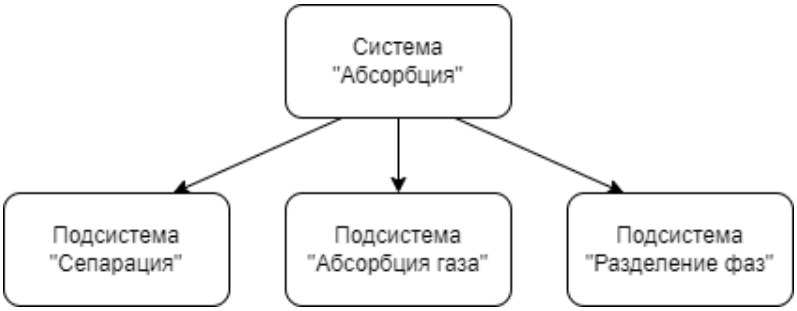

Рисунок 1.2 - Виды подсистем системы «Абсорбция»

- подсистема «сепарация», где происходят процессы отделения механических примесей и капель жидкости от газа;
- подсистема «абсорбция газа», где из газа с помощью различных абсорбентов выделяется влага;
- подсистема «разделение фаз», в которой происходит разделение газожидкостной смеси на жидкую фазу, как лёгкую, так и тяжелую, и на газовую фазы, является важным элементом системы осушки газа, но не оказывает принципиального влияния на динамику абсорбционной осушки газа с замкнутым контуром.

После прохождения начальной стадии очистки от жидкости и механических примесей в сепараторе влажный газ поступает в абсорбер. Распределитель потока расположен на входе в абсорбер, где капельная жидкость частично отделяется от газа [8]. Отделённая капельная текучая среда поступает через отверстие в дозаторе в кубическую часть абсорбера. Далее газ проходит через пластину, выполненную из выпускных пластин, это необходимо для более равномерного распределения газа по секции абсорбера, паропроводы глухой пластины и поступает в секцию массообмена, там, где он соприкасается с потоком газа, стекающего вниз. Диэтиленгликоль и триэтиленгликоль традиционно используются в качестве сорбентов в УКПГ, основным преимуществом которого является то, что водные растворы не вызывают коррозию оборудования [9]. В результате контакта газа с сорбентом из газа извлекается влага до температуры точки росы воды, данные температуры в разные сезоны внесены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 - Температура, до которой извлекается влага в разные сезоны

Сезоны	Температура
Лето	-10°C
Зима	-20°C
Давление необходимое для данного процесса	7.6 МПа

При заданных значениях температуры и давления сорбент насыщается до определённой концентрации. Значения этих параметров должно поддерживаться постоянными, что и является задачей системы автоматического регулирования.

Далее для того, чтобы удалить насыщенный влагой сорбент его отправляют в дегазирующее устройство, в котором отделение сорбента от газа с помощью нескольких слоёв пластин [10], на выходе, после удаления сорбента с газа, выходит отфильтрованный газ, имеющий в своём составе не более 0.005 $г/м^3$ далее этот газ идёт по газопроводным магистралям.

В общей сложности система абсорбции состоит из множества подсистема, таких как воздушное охлаждение, насосное и ёмкостное оборудование, вентиляция и фильтрация, и корректировка.

1.2 Строение дистилляционных колонн

Строение дистилляционных колонн или дистилляционных башен имеет следующие компоненты: Вертикальная оболочка, внутренние элементы колонны, ребойлер, конденсатор для охлаждения и рефлюкс-барабан.

Теперь рассмотрим каждый элемент поподробнее.

Вертикальная оболочка представлена на рисунке 1.3, в данном элементе колонны происходит разделение сырья на составляющие компоненты.

Рисунок 1.3 - Вертикальная оболочка

Внутренние элементы колонны представлена на рисунке 1.4, к этим элементам относятся, лотки, пластины, упаковки, которые необходимы для более качественного разделения компонентов.

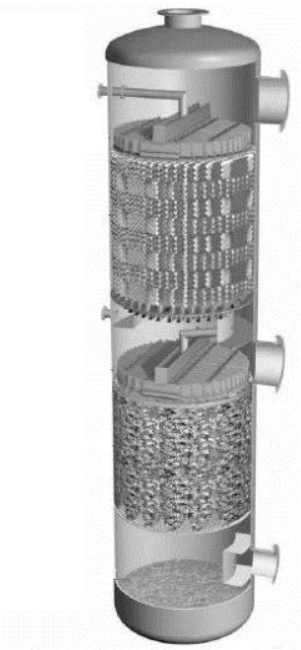

Рисунок 1.4 - Внутренние элементы колонны

Конденсатор представлена на рисунке 1.5, он необходим для охлаждения и конденсации пара, выходящего из верхней части колонны.

Рисунок 1.5 – Конденсатор

Рефлюкс-барабан представлена на рисунке 1.6, его главная задача заключается в удержании конденсированного пара в верхней части колонны, для того чтобы жидкость, т. е. рефлюкс мог быть возвращён обратно в колонну.

Рисунок 1.6 - Рефлюкс-барабан

В ходе эксплуатации со временем возникает риски поломки и выхода из строя дистилляционной колонны и для того, чтобы минимизировать или даже исключить риск поломки необходимо проводить диагностику и своевременный ремонт колонны. Дистилляционные колонны представляют собой высокие цилиндрические конструкции, внутри которых находится нагретая и легковоспламеняющаяся жидкость [11], и соответственно в этом весь риск, вся опасность. Большинство аварий происходит также из-за того, что близстоящие конструкции также имеют высокий шанс возникновения эффекта домино от пожара. Для того чтобы исключить или хотя бы минимизировать риск производится ряд анализов и планирования, проходящие на самых начальных этапах, чтобы правильно расставить все конструкции и элементы этих конструкций.

Дистилляционные колонны опасны тем, что внутри них находится легковоспламеняющаяся жидкость под высоким давлением, поэтому возникает множество ситуаций выхода из строя колонны.

К примеру, возьмём ребойлер, в него из колонны входит большое количество тепла, а в конденсаторе наоборот, большой выход тепла на выходе. При потере темпа на входе ребойлера приведёт к падению давления в колонне. При потере охлаждения в конденсаторе наоборот возникает большое давление в колонне, что ведёт к поломке колонны [12]. Для защиты конденсатора устанавливаются предохранительные клапана и бедра. А для защиты колонны от понижения давления вблизи колонны устанавливаются конструкции полного вакуума, вакуумные выключатели и устройства для впрыска инертного газа. Это необходимо для того, чтобы легковоспламеняющаяся жидкость не оседала на поверхности упаковок, т. к. это грозит высоким шансов возникновения пожара.

А для воизбежания возникновения высокого давления в колонне устанавливают специальные устройства для сброса давления.

В случае возникновения большого давления пара в процессе, иногда это случается, в ребойлере, а именно в элементах ребойлера, трубках, образуется утечка пара, вследствие чего в колонну поступает пар, а это в свою очередь вызывает колоссальное давление в колонне и это приводит к повреждению или даже отрыву от креплений лотков и упаковок.

Принцип работы дистилляционных колонн представляет собой разделение смеси на составляющие компоненты за счёт изменения температуры кипения этих компонентов [13]. Собственно, поэтому пар, исходящий от кипящей смеси, будет состоять в основном из элементов с более низкой температурой кипения, т. к. при охлаждении он конденсируется в жидкость, а в колонне останется смесь с большей температурой кипения и более низким содержанием летучих компонентов.

Дистилляционная колонна состоит из 4 основных элементов, это сама колонна, т. е. по своей сути цилиндрический сосуд, в котором происходит весь процесс разделения газосодержащей смеси, кольца, через которое проходит пар, ребойлер, являющийся источником тепла и конденсатор, в котором происходит охлаждение и конденсация газа.

Существует два типа колонн, они имеют разный тип обработки сырья и имеют разную модель, они представлены на рисунки 1.7.

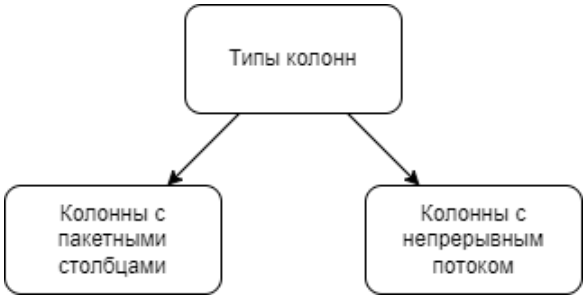

Рисунок 1.7 - Типы дистилляционных колонн

Колонны с пакетными столбцами – это процесс, в ходе которой происходит введение пакетной подачи в столбец, т. е. это означает что в колонну заряжается партия смеси [14], которая будет заменяться, когда их предыдущей выйдет необходимое количество готового продукта.

Непрерывная колонна – в этом же случае осуществляется непрерывная подача газосодержащей смеси для дистилляции в колонну. Под этим подразумевается то, что после запуска дистилляционной колонны, в саму колонну корм будет поступать непрерывно. Остановка потока подачи корма будет происходить только в случаях, когда происходит авария на самой башне или же когда нужно провести диагностику, ремонт колонны или замену элементов самой башни [15]. Сейчас именно данный тип колонн имеет большое распространение в газонефтяных отраслях.

Непрерывные колонны классифицируются по основе следующим образом, представленным на рисунке 1.8.

Рисунок 1.8 - Классификация непрерывных колонн

В первом случае, по характеру корма, всё зависит от того какой корм, т. е. какая смесь будет поступать в дистилляционную колонну, сколько элементов она содержит, обычно это два или более элемента.

Во втором случае, количество содержащихся потоков, это основано на том, сколько потоков числовых функций необходимо для определённого продукта.

В третьем случае, вид выходного продукта, т. е. существует два вида дистилляции в данных башнях, это экстрактивная и азеотропная, первый вид — это когда после обработки дополнительный корм оседает на нижнем потоке продукта, а второй вид, наоборот, на верхней части потока.

Внутренние компоненты представлены в таблице 1.2 и 1.3

Таблица 1.2 - Компоненты дистилляционной колонны и их описание

Компоненты	Описание компонентов
Колонная лотка	Это то, как конструктивно расположены лотки для наиболее эффективного разделения
Упакованная колонна	Здесь вместо лотков используют упаковки для усиления контакта между жидкостью и паром
Лотки	Они необходимы для хорошего контакта жидкости и газа, не должны быть расположены слишком плотно, т. к. это может вызвать вспенивание
Паровые условия	Риск возникновения вспенивания в связи с высокой скоростью потока газа или испарения
Капля жидкости	Чем выше этот показатель, тем ниже уровень вспенивания

Таблица 1.3 - Компоненты дистилляционной колонны и их описание

Компоненты	Описание компонентов
Неисправности	Возникновение вспенивания в связи с механическим повреждением пенопластового молота
Физические свойства жидкости	Вещества, имеющие низкий уровень кислотности могут вызывать вспенивание
Неправильные пенообразователи	В случае неэффективности пенопластовых средств высокий шанс образования пены

1.3 Принцип работы дистилляционной колонны

Общая схема дистилляционной колонны представлена на рисунке 1.8.

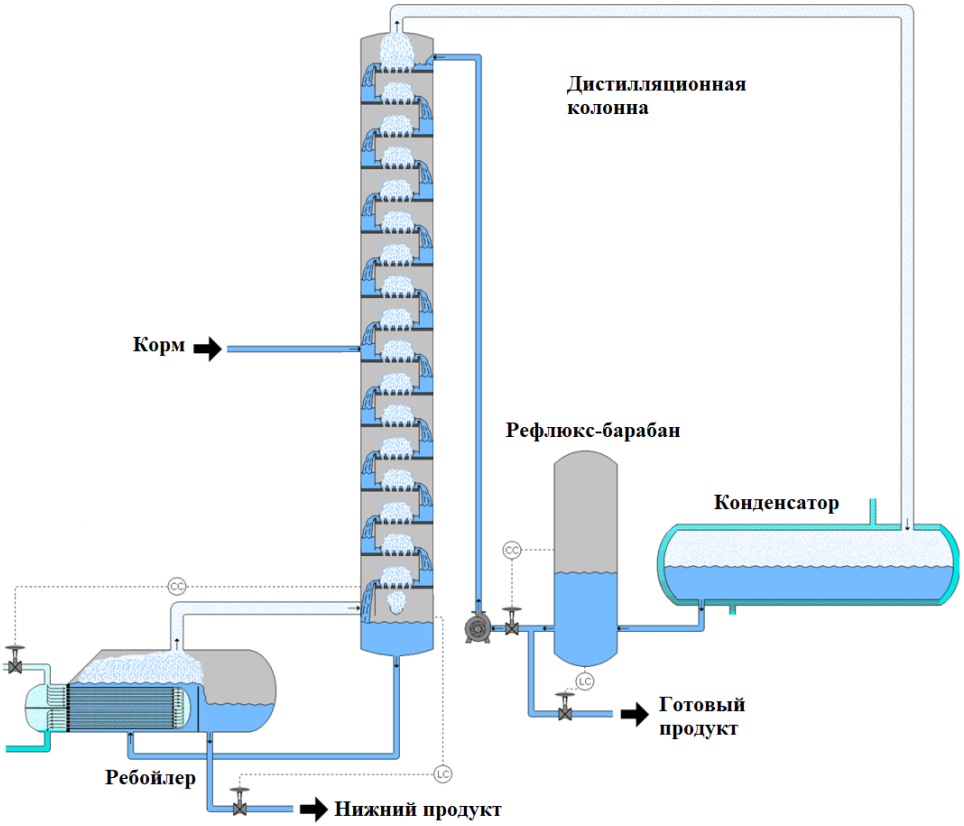

Рисунок 1.8 - Строение дистилляционной колонны

Принцип работы дистилляционной колонны заключается в следующем, в колонну поступает корм, т. е. неразделённая газосодержащая жидкость или

смесь, корм поступает в колонну где сразу же направляется через лотки вниз башни, где далее поступает в ребойлер, в ребойлере происходит нагрев смеси и нагретая смесь переходит в форму пара и после этого поступает в нижнюю часть колонны, пар обладая более низкой плотностью и более высокой температурой направляется вверх колонны, проходя через лотки начинается процесс дистилляции поступающего корма, насыщенный газом пар идёт в верхнюю часть колонны где далее идёт в конденсатор, в конденсатор постоянно поступает холодная вода и выходит горячая, это необходимо для того чтобы насыщенный паром газ начал конденсироваться, после того как насыщенный газ конденсировался он переходит в рефлюкс-барабан где происходит следующее, часть полученного дистиллята выходит в виде готового продукта, а оставшийся дистиллят отправляется в верхнюю часть колонны для того чтобы повысить эффективность колонны и тем самым повысить качество готового продукта.

В моём дипломном проекте будет использована дистилляционная колонна с непрерывной подачей корма, двумя входами корма и двумя выходами.

1.4 Функциональная схема дистилляционной колонны

Данная схема представлена на рисунке 1.9.

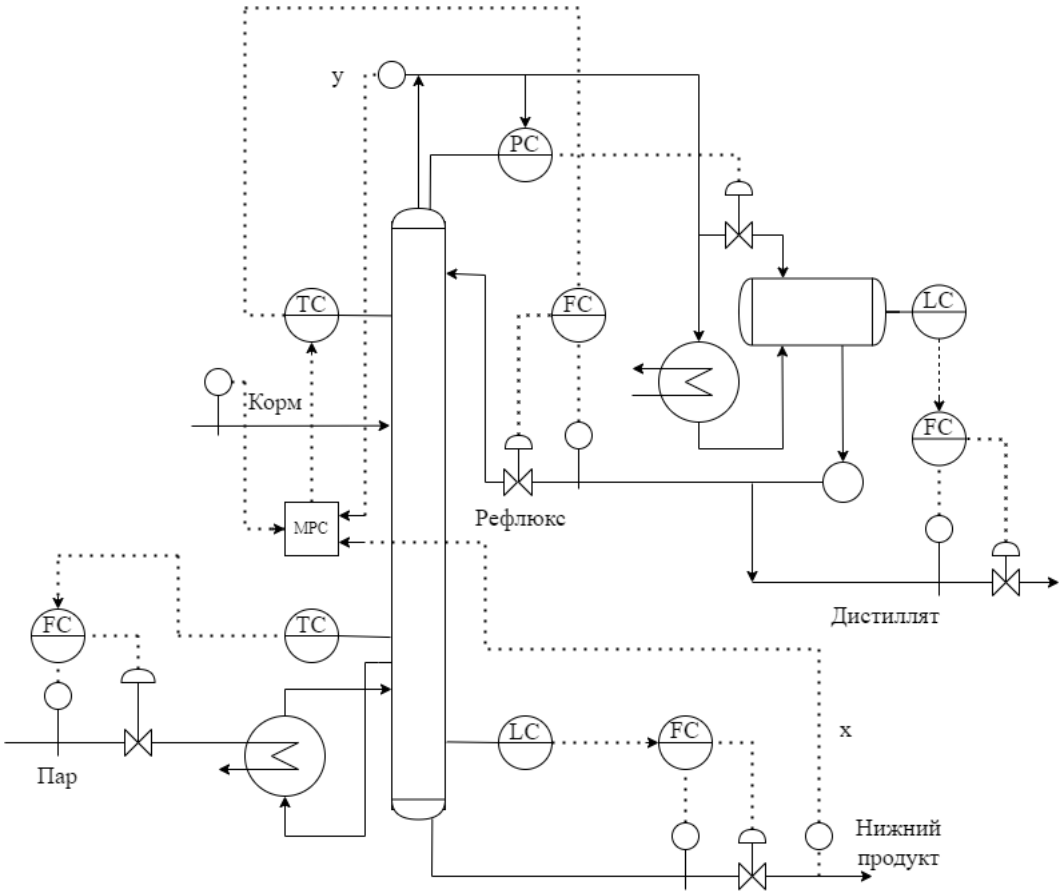

Рисунок 1.9 - Функциональная схема

2 Расчётная часть

2.1 Получение исходных значений

Для начала нам нужно определить значения Xd и Xb. Xd – это значение дистиллята верхней части колонны, а Xb – это значение дистиллята нижнего продукта.

Для каждого этапа в колонне запишем уравнение баланса компонентного материала.

Накопление равняется жидкость входящая в i стадию и пар, входящий в i стадию и жидкость, выходящая из i стадии и пар, покидающий i стадию.

Следовательно, компонентный материальный баланс для всех стадий (кроме изменяющих расходы на конденсаторе и ребойлере) ниже (2.1)

$$d(MiXi)/dt = Li - 1.Xi - 1 + Vi + 1.Yi + 1 - LiXi - ViYi \qquad (2.1)$$

Упростим уравнение, выставив значения накопления, значения общего конденсатора и хранилища жидкости как постоянные, а также исключим возможные возмущения на систему, подставив значения плотности сырья, скорости кипения в конденсаторе, а также введём значения малярного расхода жидкости в лотках и на выходе из них получим результат и внесём в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты вычислений уравнения

Состав дистиллята Xd	0.99 мольной фракции
Продукт дна Xb	0.01 мольной фракции
Скорость рефлюкса, R	2.706 кмоль/мин
Скорость кипения пара, V	3.206 кмоль/л
Расход подачи:	1 кмоль/мин
Молярная доля (Zf):	0.5
Качество корма:	1

2.2 Математическое моделирование процесса

Здесь мы найдём взаимосвязь между дистиллятjv верхней части колонны Xd, нижнего состава Xb, скоростью рефлюкса L и скоростью кипения пара V. Выясним влияние мульти-входа на каждый мульти-выход в multi-input multi-output (MIMO). Для того чтобы уменьшить этот эффект влияния MIMO используем методы декуплера и Циглера-Никольса.

В качестве переменных будут значения дистиллят верхней части колонны Xd(s) и значение дистиллята нижнего продукта Xb(s). Возмущениями пренебрежём, т. к. они будут создавать ненужные помехи. Манипулируемыми

величинами будут значения скорость рефлюкса L(s) и скорость кипения пара V(s).

Это система с несколькими входами и несколькими выходами, где на каждый выход создаёт влияние каждый вход. Необходимо спроектировать систему таким образом, чтобы на один выход влиял только один вход, для этого мы используем развязку, т. е. разделим верхнюю и нижнюю часть колонны, чтобы была возможность её точной настройки.

Исходные значения функции приведены ниже (2.2)

$$\begin{bmatrix} Xd(s) \\ Xb(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{0.878}{(75s+1)} & \frac{-0.864}{(75s+1)} \\ \frac{1.082}{(75s+1)} & \frac{-1.096}{(75s+1)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L(s) \\ V(s) \end{bmatrix} \tag{2.2}$$

Как видно по этому уравнению, обе контролируемые переменные Xd(s) и Xb(s) зависят как от L(s), так и от V(s), поэтому это процесс многомерного типа.

Структурная схема данного процесса представлена ниже на рисунке 2.1.

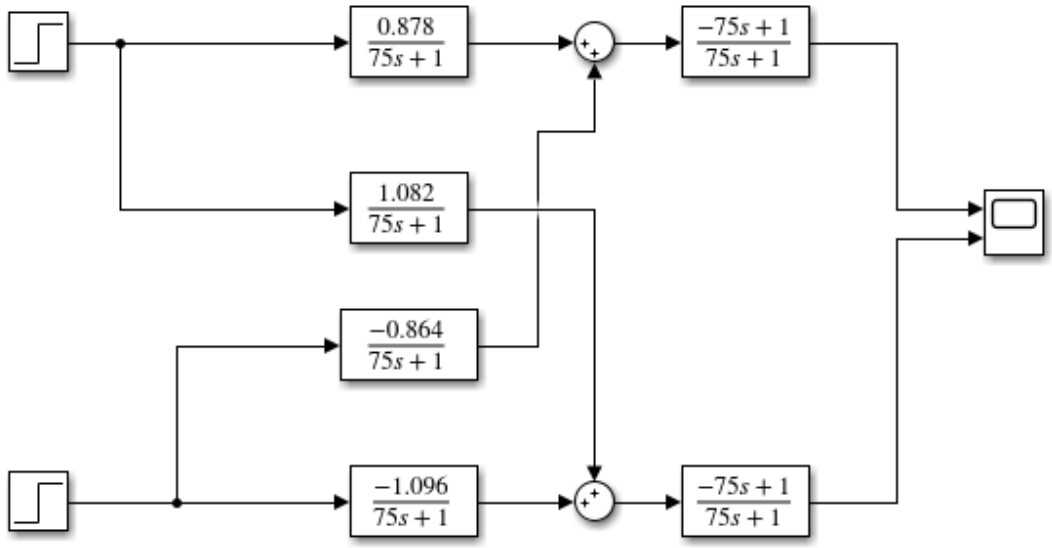

Рисунок 2.1 - Структурная схема процесса дистилляционной колонны

Переходная характеристика верхней части дистилляционной колонны, для её получения была введена передаточная функция в командное окно MATLAB и выведен переходной процесс верхней части дистилляционной колонны, переходной процесс показан ниже на рисунке 2.2.

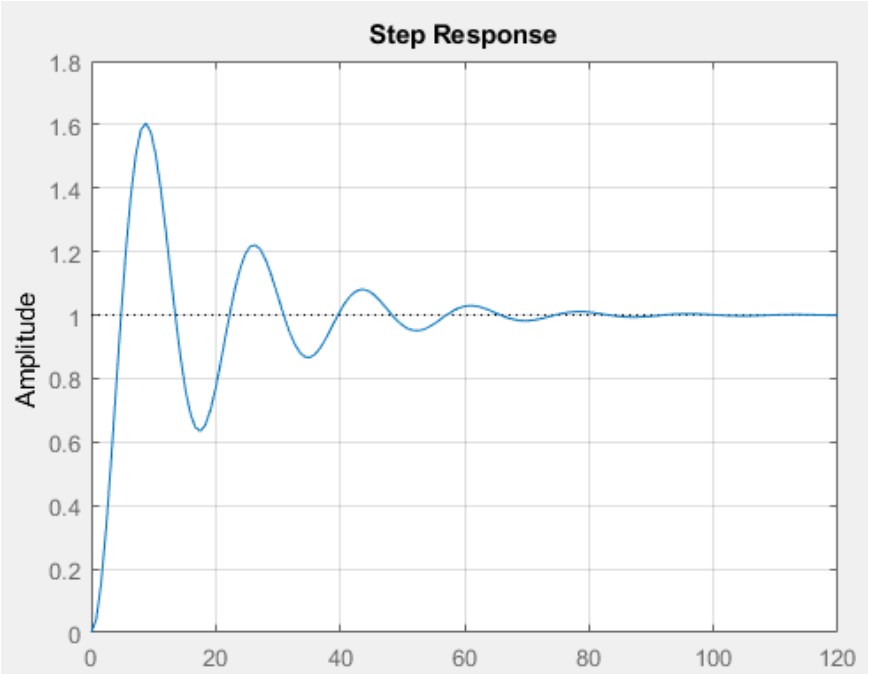

Рисунок 2.2 - Переходной процесс верхней части дистилляционной колонны

Так как верхняя и нижняя часть дистилляционной колонны связана то и результаты переходного процесса верхней и нижней части дистилляционной колонны очень схожи.

Для того чтобы настроить колонну нам необходимо произвести развязку дистилляционной колонны, т. е. убрать связь между верхней и нижней частью колонны, сейчас система в упрощённом виде представлена на рисунке 2.3.

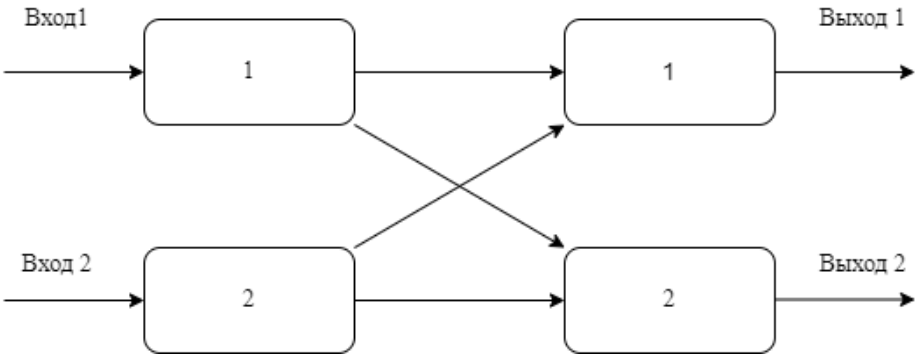

Рисунок 2.3 - Упрощённая модель дистилляционной колонны

При подключении регулятора уменьшается время, которое необходимо для того, чтобы система пришла к установившемуся значению.

При попытке настроить колонну с включёнными связями происходит следующий результат, продемонстрированный на рисунке 2.4.

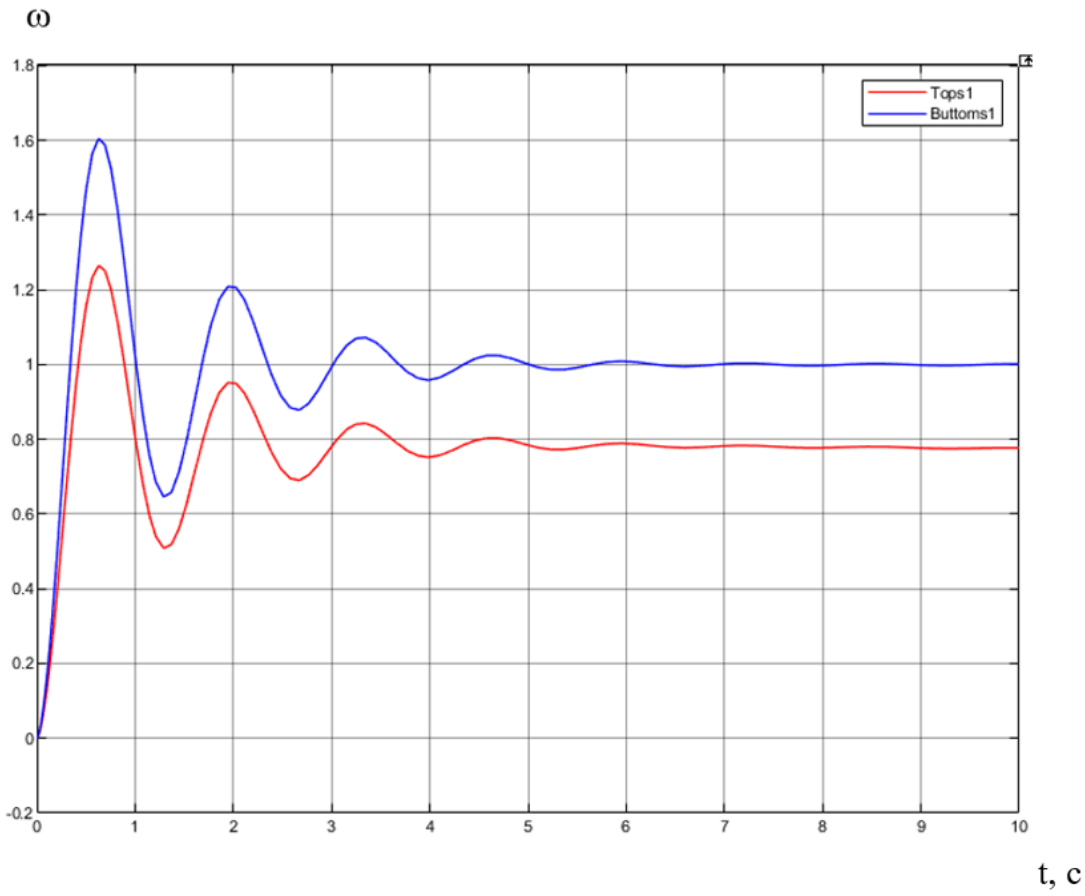

Рисунок 2.4 - Первичная настройка с включёнными связями

Как видно на графике выше, при попытке настройки одного из двух регуляторов, в данном случае проводилась настройка регулятора для нижней части колонны, возникает следующая проблема, настройка верхней части колонны нарушается, что не подходит для нас, для того чтобы произвести точную настройку, но при этом чтобы настройка одного регулятора не сбивала настройку другого регулятора мы произведём процесс развязки, он будет выглядеть следующим образом на рисунке 2.5.

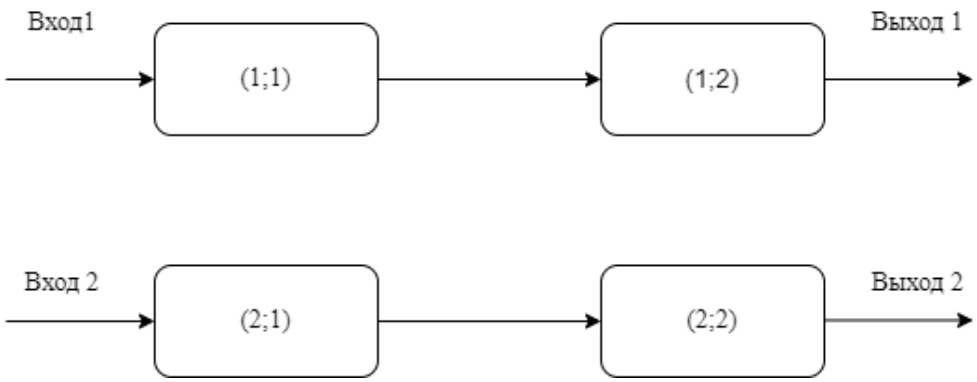

Рисунок 2.5 – Изолированные контуры системы

2.3 Обоснование выбора регулятора

Теперь, когда систему можно настраивать мы перейдём к выбору регулятора для данной системы, как видно по переходному процессу, система имеет колебания, имеет высокое значение перерегулирования, поэтому, чтобы устранить данные проблемы мы используем, P, PI, PD и PID регуляторы, сравним их и выберем оптимальный на рисунке 2.6.

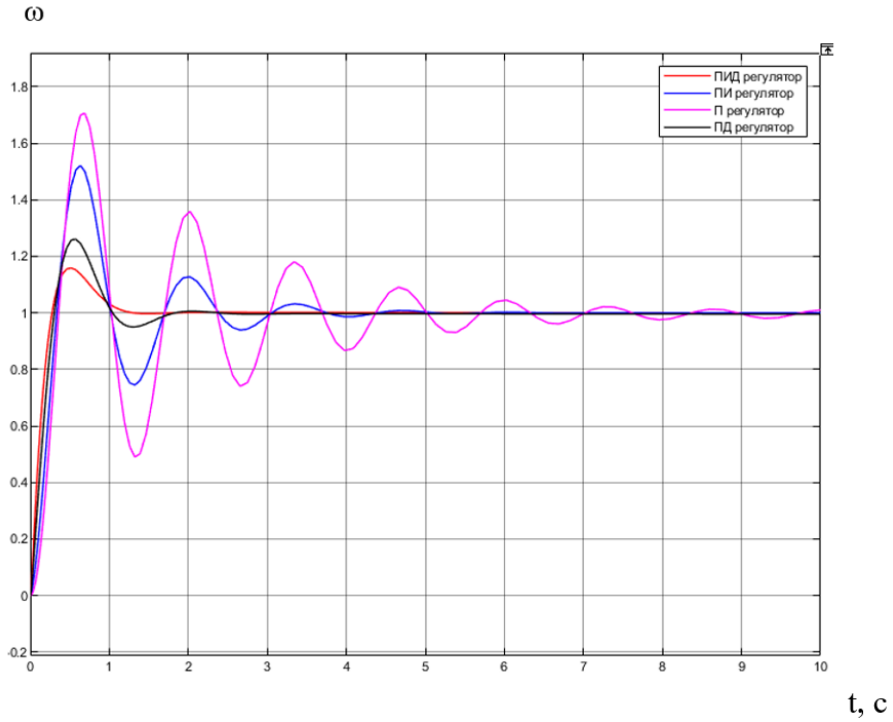

Рисунок 2.6 - Результаты моделирования системы с различными регуляторами

Как видно выше P не решил проблему с перерегулированием и колебательностью, а наоборот повысил колебательность системы и уровень перерегулирования.

PI регулятор уменьшил время необходимое для прихода системы в установившееся значение, но колебательность системы он не устранил, поэтому он тоже не подходит.

PD регулятор решил проблему с колебаниями, но уровень перерегулирования оставляет желать лучшего, здесь как раз не хватает I элемента регулятора.

PID решил проблему с колебаниями, практически полностью исключив их, уровень перерегулирования тоже имеет невысокие значения, поэтому для нашей системы идеально подходит PID регулятор.

Теперь опишем то, как находили коэффициенты для данного регулятора, проведём проверку, а также сравним, какой вид подбора коэффициентов, наиболее подходящий для данной системы.

Для начала создадим модель в Simulink (MATLAB) показанную ниже на рисунке 2.7.

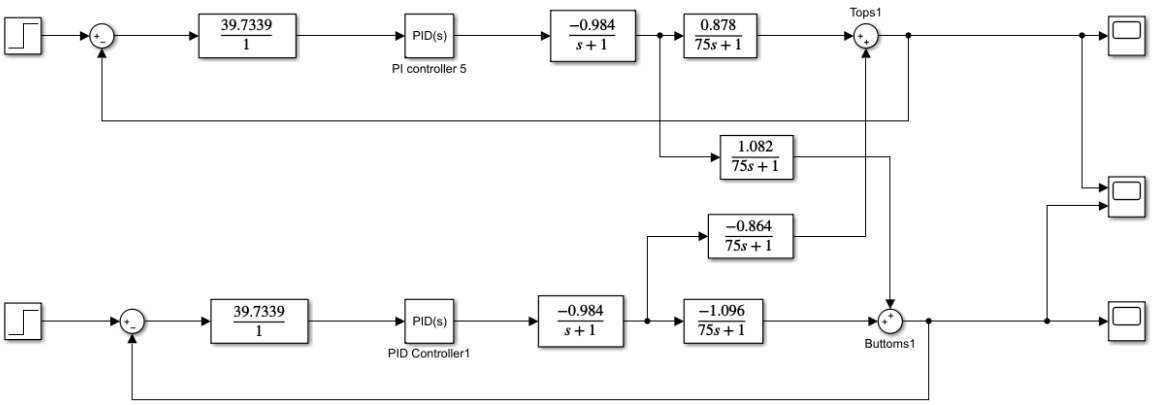

Рисунок 2.7 - Модель дистилляционной колонны в Simulink

Далее произведём развязку, т. е. уберём связи между верхней и нижней частью дистилляционной колонны и получим следующую модель на рисунке 2.8.

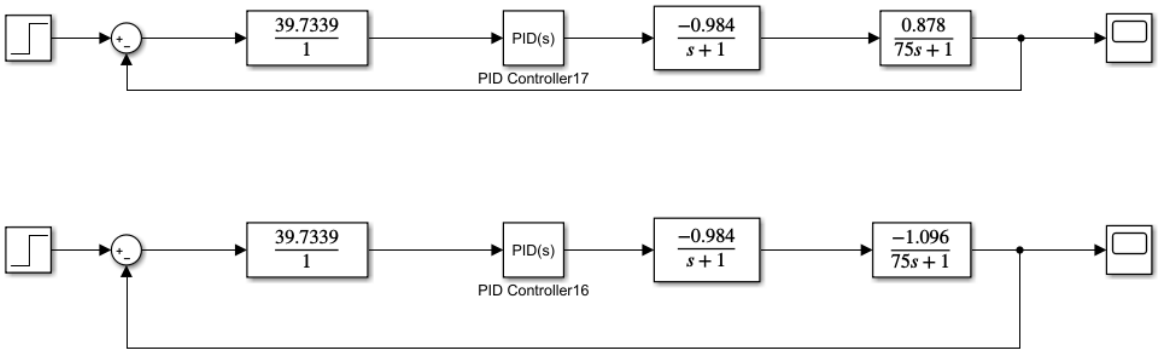

Рисунок 2.8 - Модель развязанной дистилляционной колонны в Simulink

Настройку и подбор коэффициентов будем производить с помощью нескольких методов, tune, SLtuner, Fine-tuning, эмпирический метод и Циглера-Никольса.

Для начала используем такой вид настройки как SLtuner и команду looptune.

Данная команда нужна для того, чтобы работать с многомерной системой в командной строке MATLAB, вычисление значений для PID регулятора с помощью SLtuner будет производиться в несколько этапов.

2.4 Параметрическая настройка типовых регуляторов

Шаг 1. Краткое повторение того, с чем мы имеем дело, регулируемые величины: рефлюкс и кипение. Контролируемые величины концентрация и химические вещества на вершине и днище дистилляционной колонны.

Установка моделируется как передаточная функция первого порядка с входами и выходами: L, V, yD, yB.

Передаточная функция имеет следующий вид (2.3)

$$\begin{bmatrix} Xd(s) \\ Xb(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{0.878}{(75s+1)} & \dfrac{-0.864}{(75s+1)} \\ \dfrac{1.082}{(75s+1)} & \dfrac{-1.096}{(75s+1)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L(s) \\ V(s) \end{bmatrix} \tag{2.3}$$

Шаг 2. Вводим данные значения в командную строку, а также создаём развязывающую модель дистилляционной колонны в Simulink.

Откроем заранее созданную модель дистилляционной модели в Simulink с помощью команды.

И выведем данную модель, показанную ниже на рисунке 2.9.

На данной математической модели представлены такие элементы как базовые значения системы колонны (Dsp и Bsp), главное управляющее устройство (DM), входные значения (dL и dV), регуляторы типа PID и объект управления дистилляционной колонны в модуле (G).

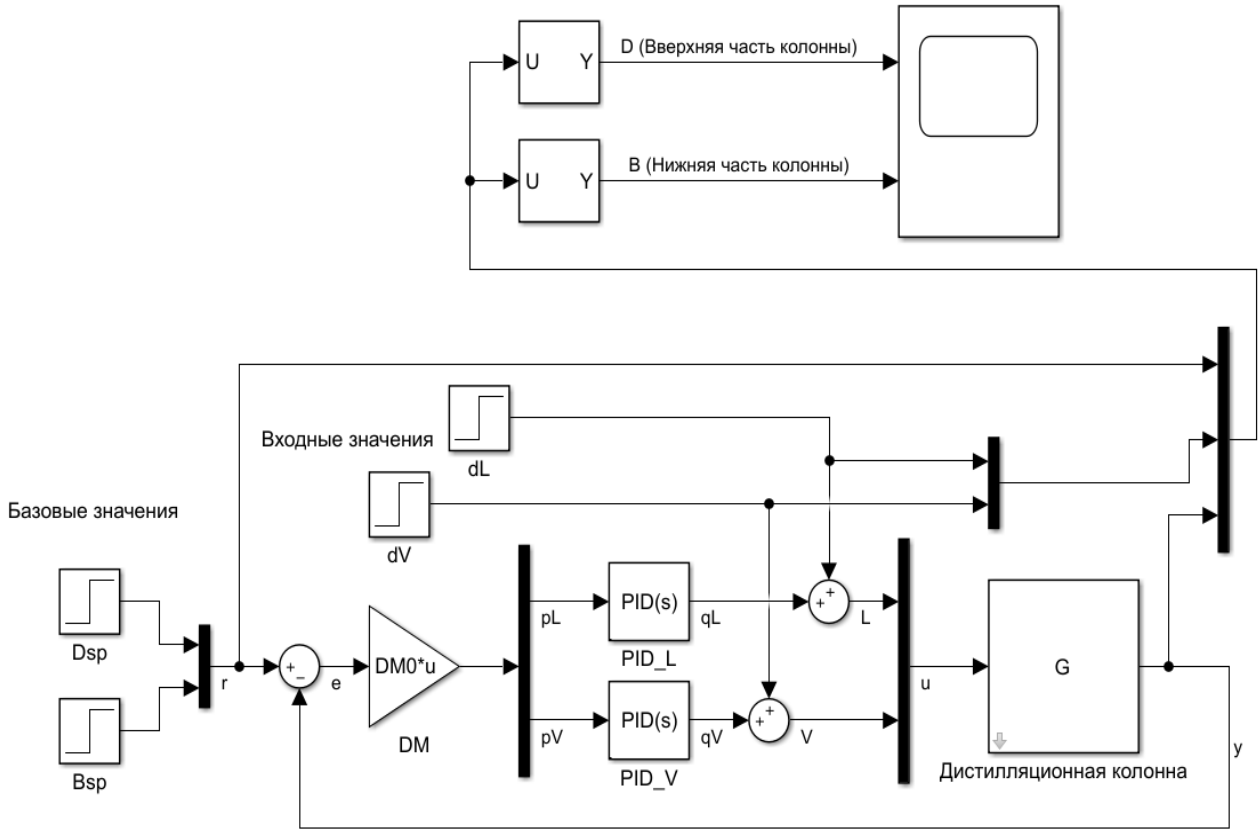

Рисунок 2.9 - Модель развязывающего контроллера для дистилляционной колонны в Simulink

Объект управления (G) имеет следующий вид на рисунке 2.10.

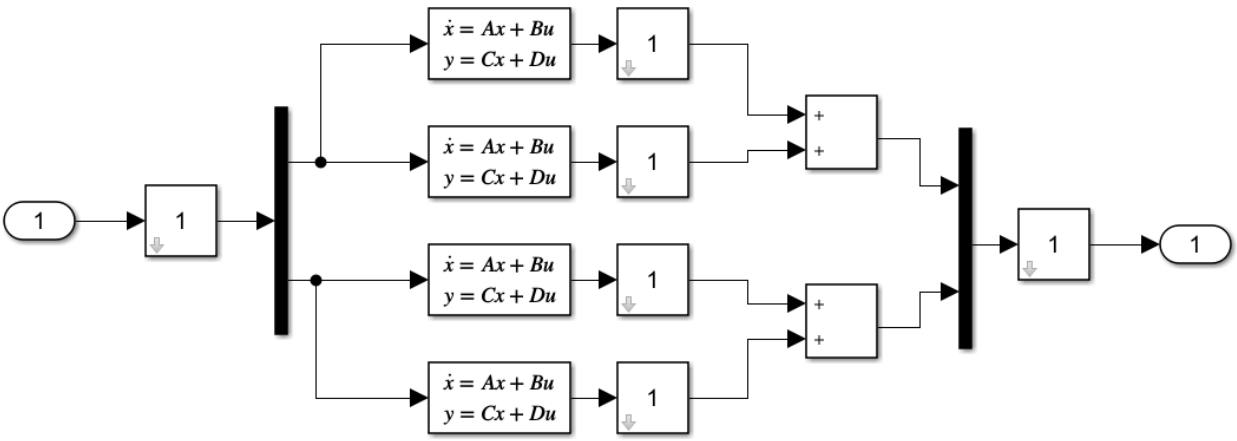

Рисунок 2.10 - Модель дистилляционной колонны

Выше представлены блоки входных значений, блоки пространства состояний в количестве четырёх штук, необходимых для грамотной работы всех системы данной дистилляционной колонны, результаты

Используем интерфейс для указания настроенных блоков, ввода-вывода контроллера и сигналов, представляющих интерес для проверки замкнутого цикла SLtuner.

Далее выставим ограничение на ответ, превышение ответа на команду step будет 15%, Ограничение на оседание выставим 20 минут, ограничение на повышение амплитуды 4.

Далее для настройки контроллера и при условии требования отклонения помех, используем looptune.

Результат показан ниже на рисунке 2.11

Final: Peak gain = 0.998, Iterations = 58

Achieved target gain value TargetGain=1.

Рисунок 2.11 – Результаты вычисления количества итераций

Смотря на данные результаты вычислений, можно сделать следующие выводы, а именно что для достижения подходящих значений для нашей дистилляционной колонны необходимым количеством итераций является значение равное 58.

Конечное значение близко к 1, а это значит, что все требования были выполнены. Используя команду loopview, мы визуально покажем и проверим полученный результат, на графиках показанных на рисунках 2.12–2.18 ответы не должны находиться в затемнённых зонах.

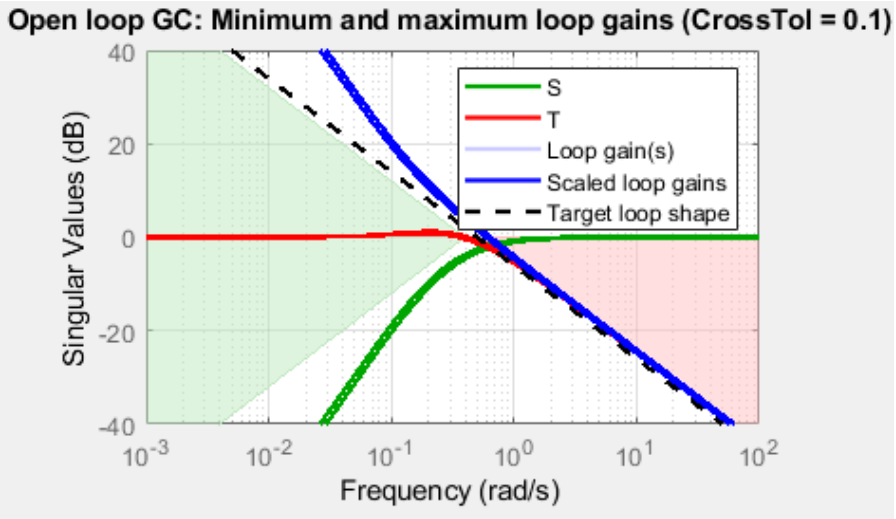

Рисунок 2.12 - Минимальное и максимальное усиление контура

Как видно на графике выше, цикл усиления (loop gain(s)), масштабируемое усиление контура (scaled loop gains) и целевое усиление контура (target loop gains) не входят в тёмную зону, а это значит, что процесс проходит хорошо.

Далее результат перерегулирования, значение перерегулирования ниже 15%, что является хорошим показателем.

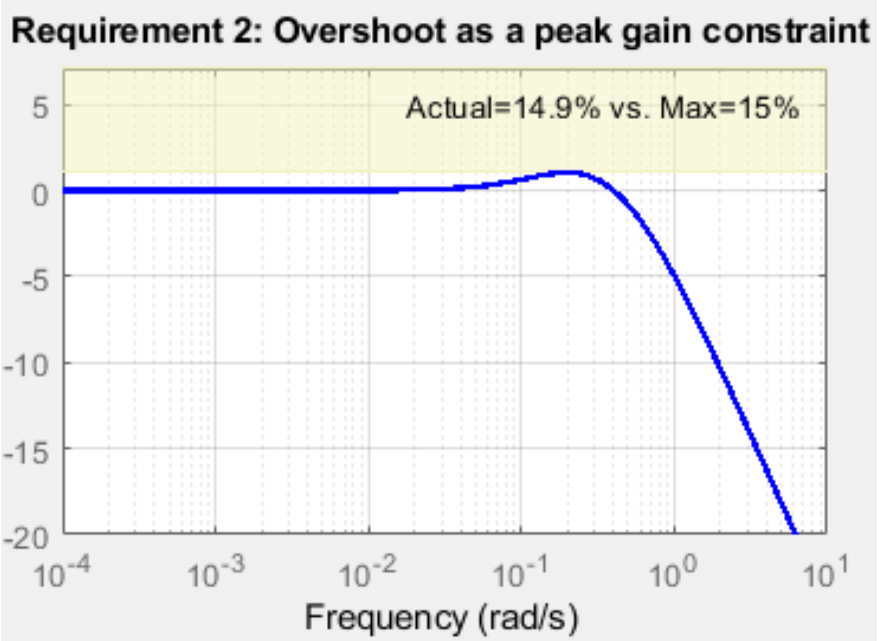

Рисунок 2.13 - Перерегулирование системы

Ниже представлена реакция системы на возмущения, она находится внутри контура и не выходит или не касается границы худшей реакции системы, в случае прохождения системы этой границы система автоматически отключается.

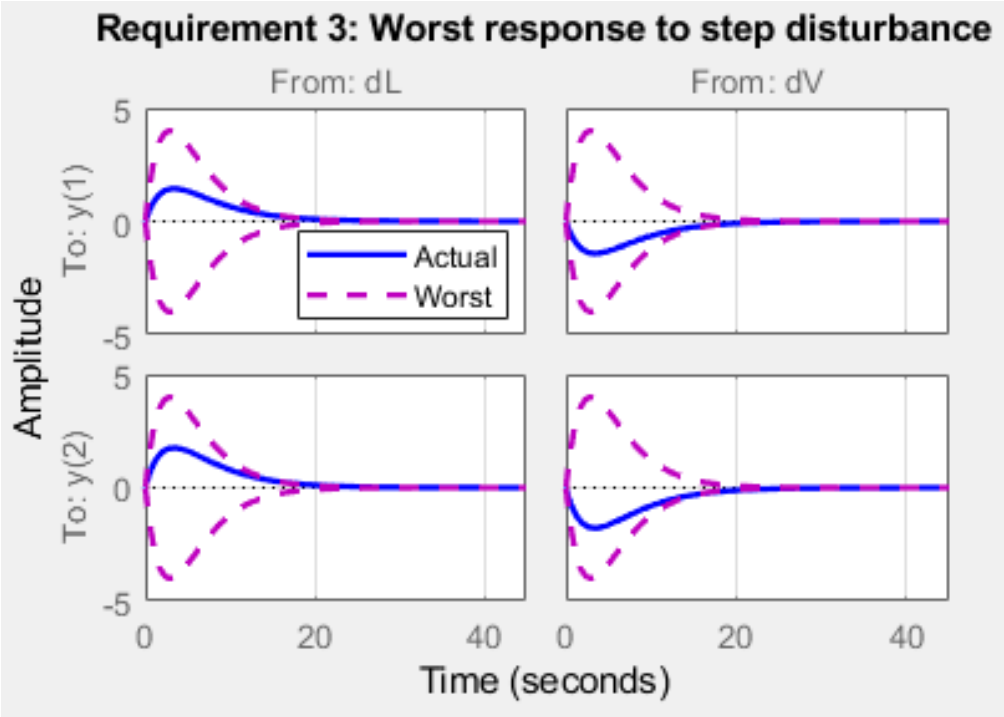

Рисунок 2.14 - Реакция системы на возмущения

Далее ниже предоставлены графики, на которых показаны запасы устойчивости, здесь аналогичная ситуация с предыдущими графиками, если система не входит в затемнённую зону, то это говорит о том, что система и процессы, проходящие в ней, проходят без каких-либо проблем.

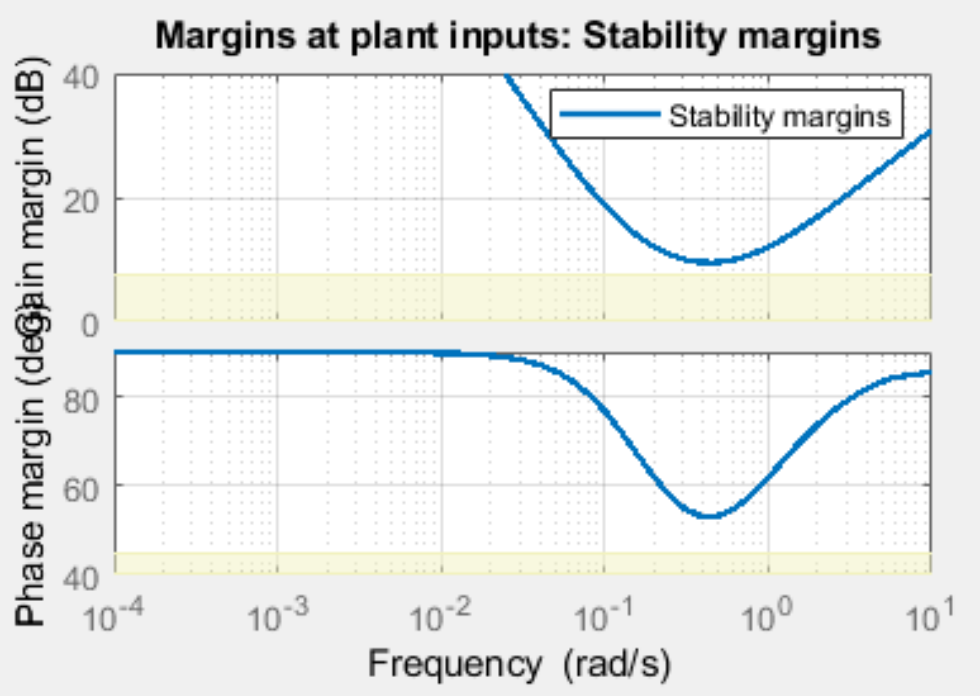

Рисунок 2.15 - Запасы устойчивости

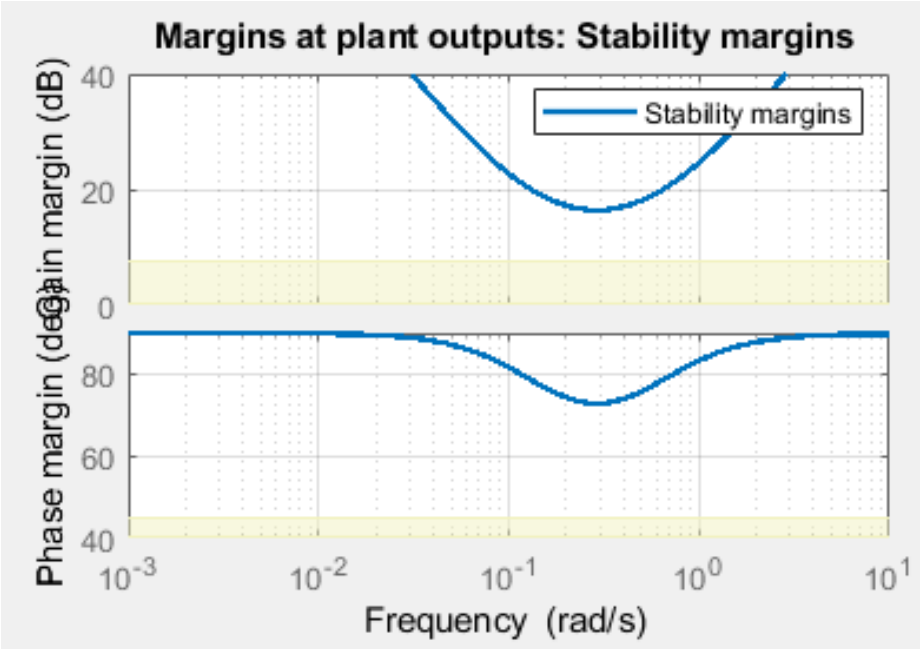

Рисунок 2.16 - Запасы устойчивости

Далее выведем графики доступа и построения замкнутых реакций от эталонных и возмущенных до верхних и нижних концентраций. Выведем графики с помощью команды loopview.

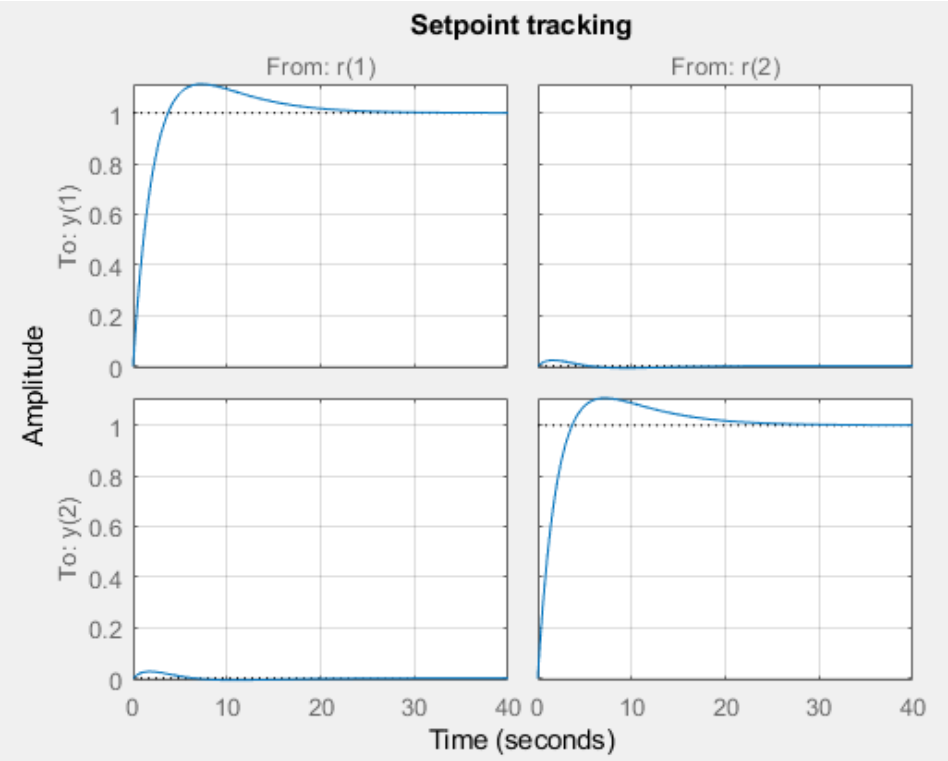

Рисунок 2.17 – Результаты замкнутых реакций

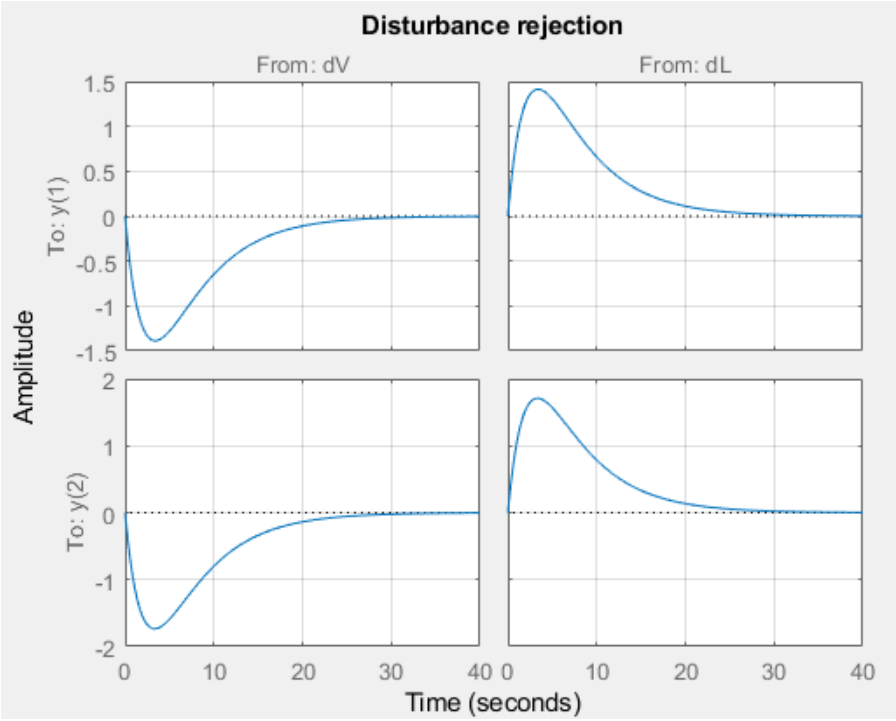

Рисунок 2.18 - Результаты замкнутых реакций

Далее сравним характеристики подавления возмущений с открытым и замкнутым контуром в частотной области на рисунке 2.19.

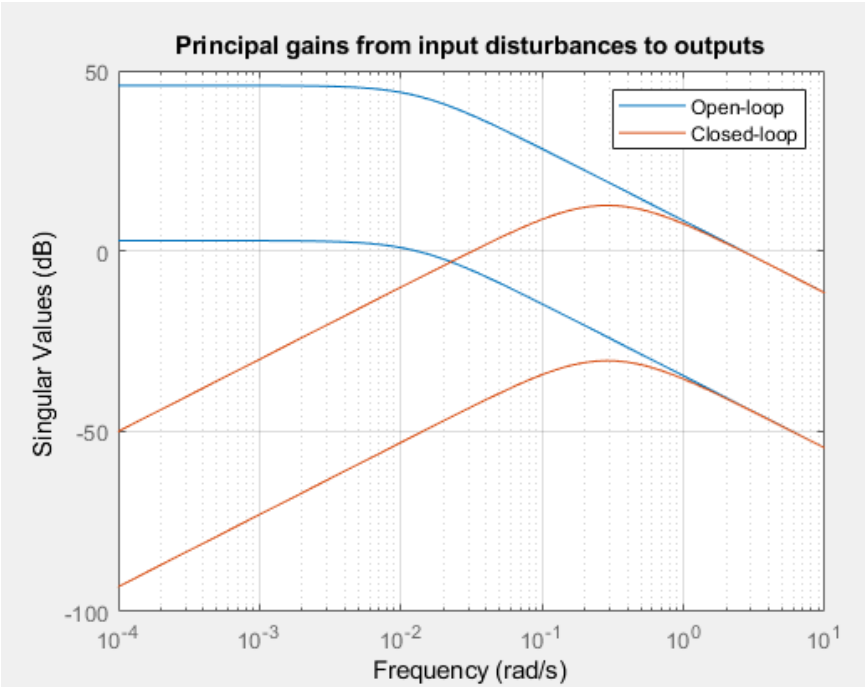

Рисунок 2.19 - Открытый и замкнутый контуры в частотной области

Здесь видно значительное улучшение внутри полосы пропускания управления.

Выведем значения двух PID регуляторов и конечный результат моделирования дистилляционной колонны, используя команду showTunable. Результат представлен ниже на рисунке 2.20.

```
Block 1: rct_distillation/PID_L =

                1              s
  Kp + Ki * --- + Kd * --------
                s           Tf*s+1

  with Kp = 17.5, Ki = 2.37, Kd = -0.0383, Tf = 0.00996

Name: PID_L
Continuous-time PIDF controller in parallel form.

-----------------------------------

Block 2: rct_distillation/PID_V =

                1              s
  Kp + Ki * --- + Kd * --------
                s           Tf*s+1

  with Kp = 13.8, Ki = 1.87, Kd = -0.0305, Tf = 0.0097

Name: PID_V
Continuous-time PIDF controller in parallel form.

-----------------------------------

Block 3: rct_distillation/DM =

  D =
              u1        u2
   y1          1   -0.7739
   y2      1.253        -1

Name: DM
Static gain.
```

Рисунок 2.20 - Результаты подбора коэффициентов SLtuner

Полный листинг данного кода MATLAB предоставлен в приложении А.

Данные действия были проедены в Simulink и MATLAB, теперь можно проверить данные результат с помощью MATLAB, листинг данного кода MATLAB представлен в приложении Б.

Результаты моделирования данного процесса представлены ниже на рисунках 2.21 и 2.22.

Они полностью сходятся с результатами, предоставленными выше.

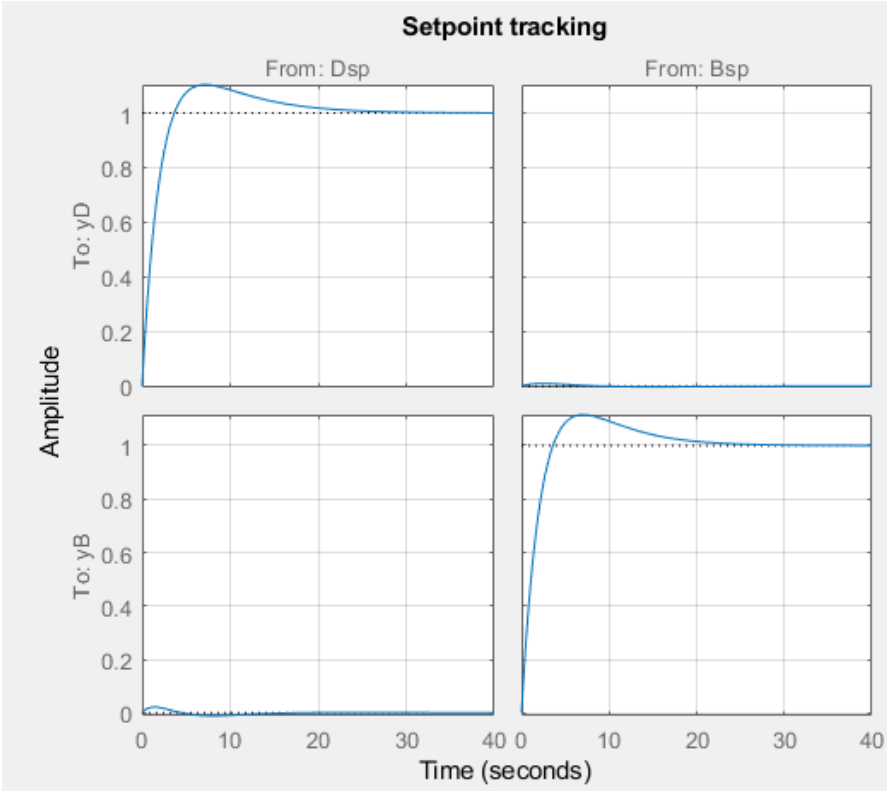

Рисунок 2.21 - Результат моделирования в MATLAB

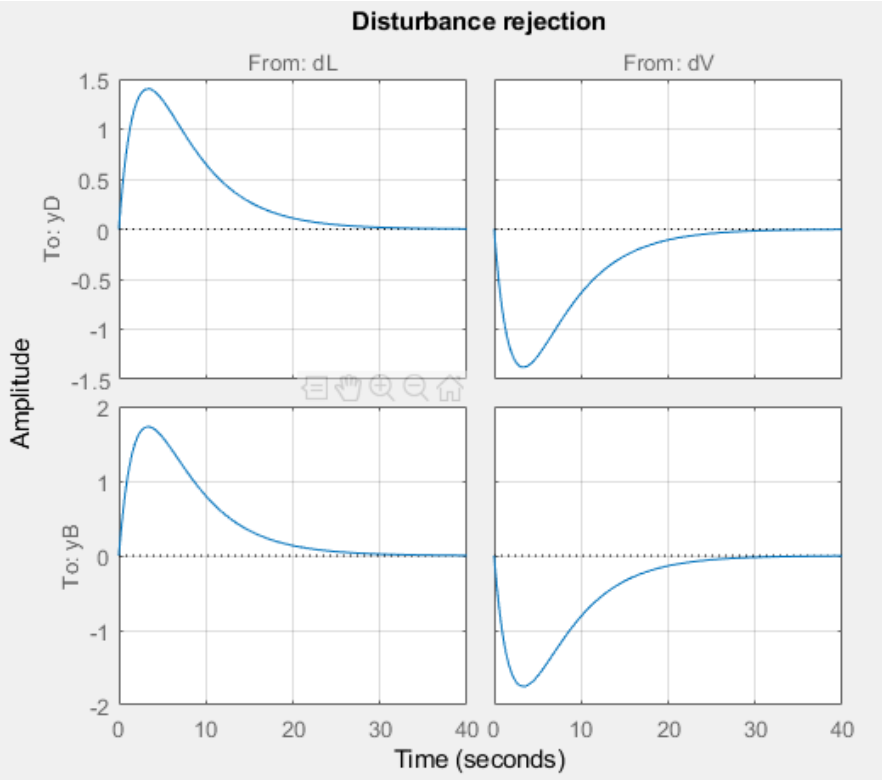

Рисунок 2.22 - Результат моделирования в MATLAB

Теперь, получив значения для PID регулятора вводим в PID controller и получаем следующий результат на рисунке 2.23.

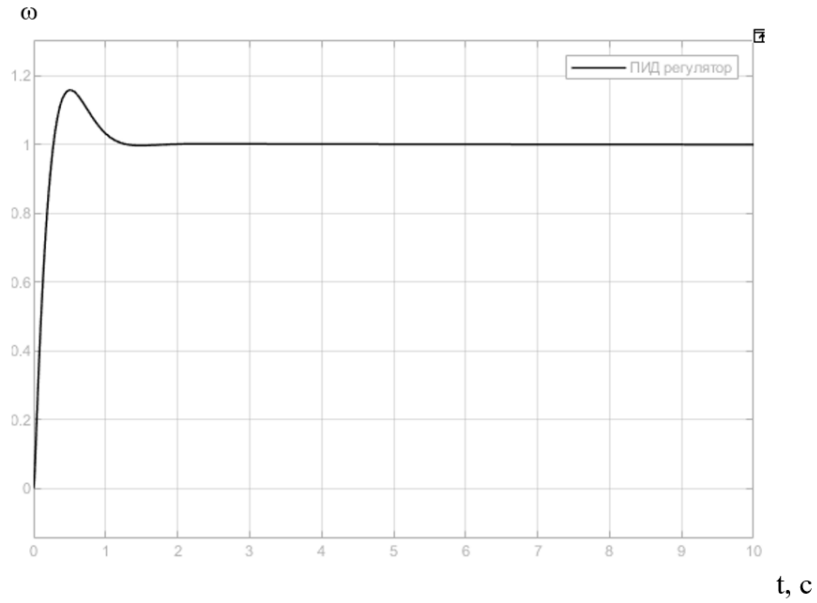

Рисунок 2.23 - Подбор коэффициентов регулятора с помощью SLtuner

Далее проверим такой вариант настройки PID регулятора как эмпирический метод, данный метод заключается в том, чтобы вручную перебирать значения для регулятора для оптимального значения. Такой метод не является эффективным т. к. на него затрачивается большое количество времени, и он не обладает достаточной точностью.
Результат эмпирического метода подбора коэффициентов представлен ниже на рисунке 2.24.

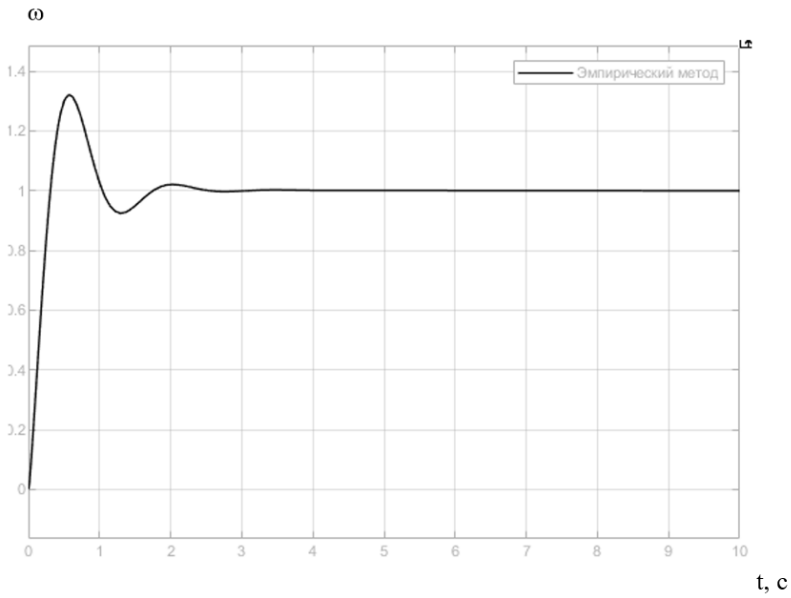

Рисунок 2.24 - Эмпирический метод

Следующий на очереди это fine-tuning, данный метод заключается в том чтобы создать цикл, который будет искать наиболее оптимальные коэффициенты для регулятора, результат данного моделирования представлен ниже на рисунке 2.25.

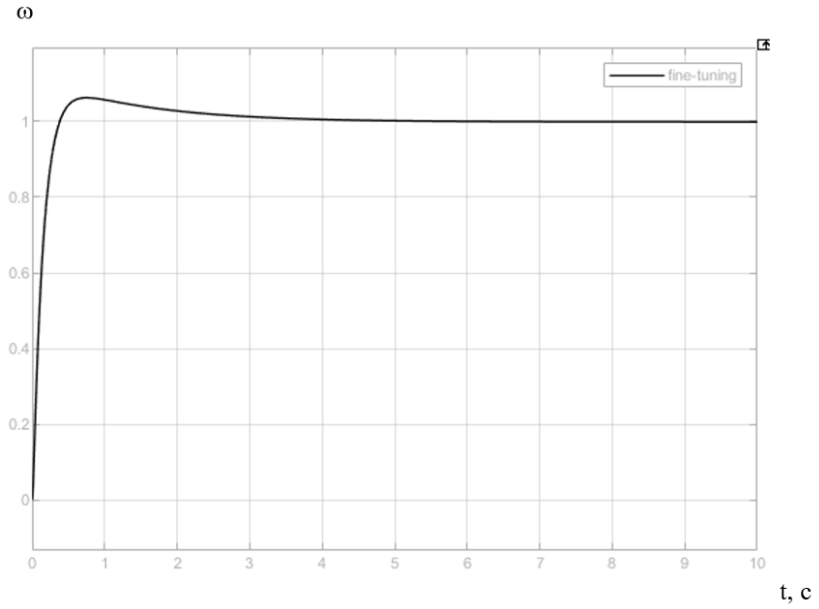

Рисунок 2.25 - Подбор коэффициентов регулятора с помощью fine-tuning

2.5 Сравнивание разным методов настройки регуляторов

Теперь сравним эти методы и выберем наилучший, сравнение графиков представлено ниже на рисунке 2.26.

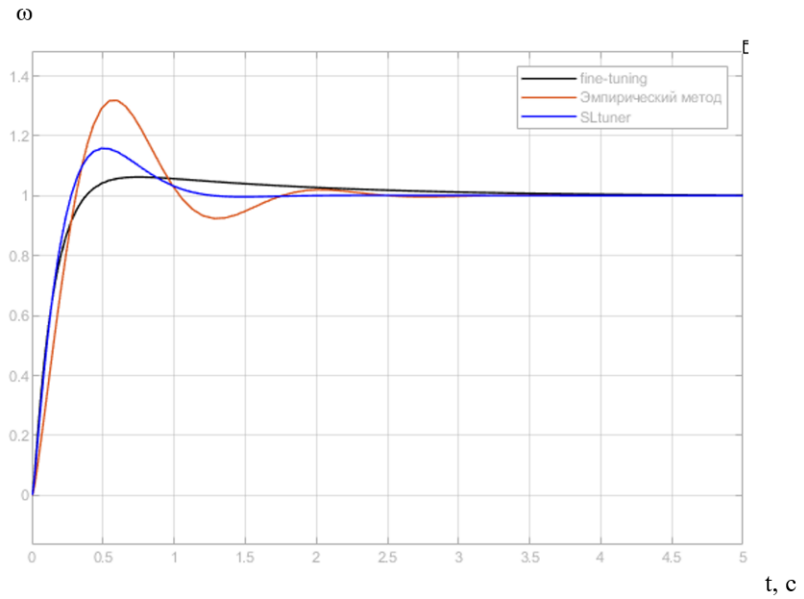

Рисунок 2.26 - Сравнение методов подбора коэффициентов регулятора

Из графика, представленного выше, мы можем сделать вывод, что наиболее подходящим к нашей системе методом подбора коэффициентов для PID регулятора является SLtuner, т. к. несмотря на небольшой процент перерегулирования система быстрее всего приходит в установившееся значение.

Теперь мы определим прямые оценки качества для нашей системы без регулятора и с регулятором и сравним значения.

Аналогичные вычисления проведём для второго PID регулятора и получим итоговый результат, график работы соединённой системы на рисунке 2.27.

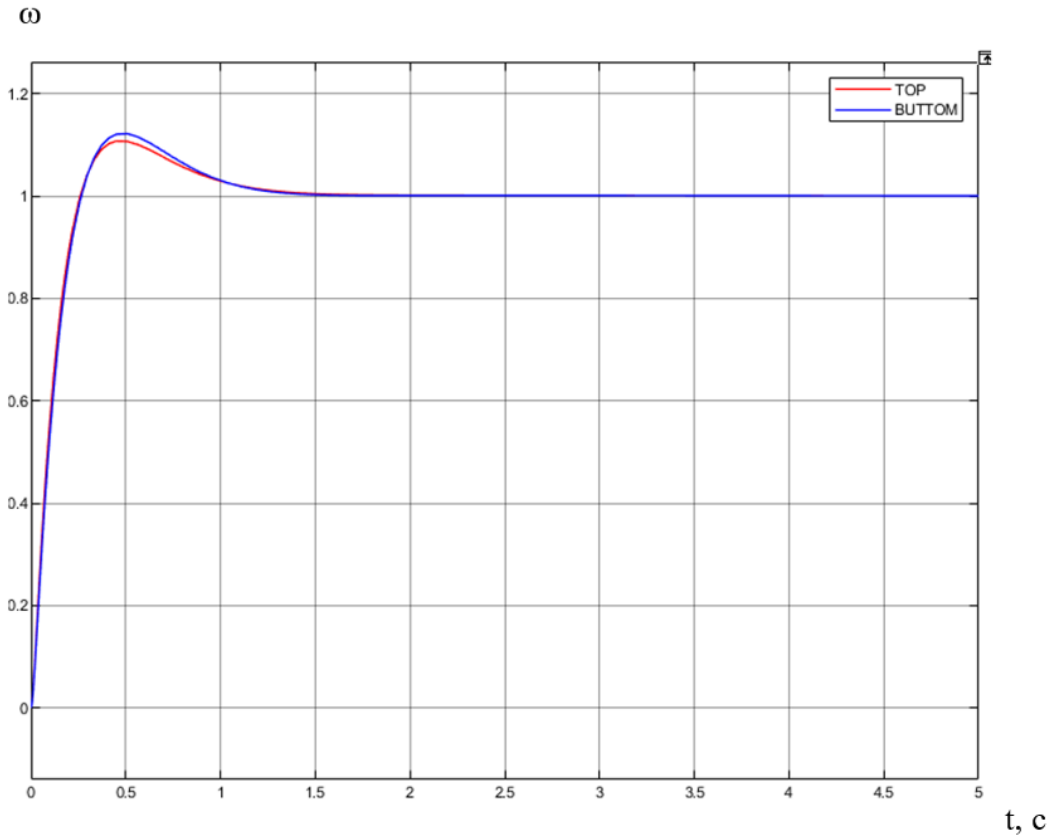

Рисунок 2.27 - Система с настроенными регуляторами

На данном графике видно, что после настройки первого для верхней части колонны и второго PID регулятора для нижней части колонны, а также последующее их соединение в одну систему работы нашего объекта путём обратного развязывания, т. е. соединения двух частей путём возвращения прежних связей колонны, наша система работает исправно, а также не возникает большой уровень колебательности, уровень регулирования на низком уровне, что говорит нам о том что наша система будет работать исправно, без как либо проблем, а также меньшем времени регулирования, что также нам говорит о более быстрой работе данной системы, а именно речь идёт о процессе дистилляции в дистилляционной колонне газовой отрасли.

2.6 Прямые оценки качества системы до и после регулирования

Далее ниже предоставлено сравнение системы до и после регулирования на рисунках 2.28 и 2.29.

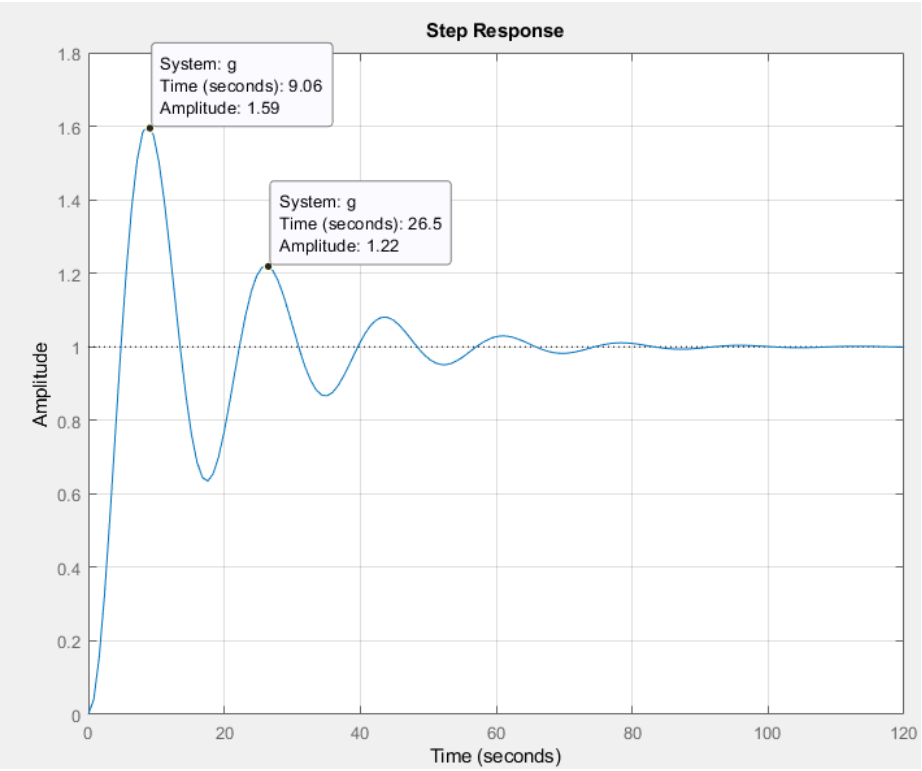

Рисунок 2.28 - Переходной процесс без регулятора

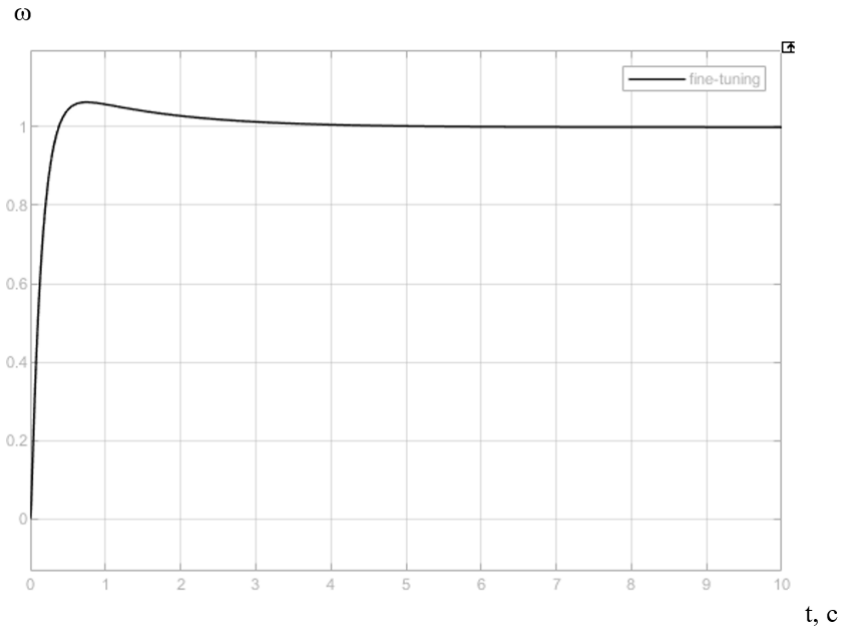

Рисунок 2.29 - Переходной процесс с регулятором

Определим по данному графику основные прямые оценки качества и внесены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Сравнение прямых оценок качества

Вид оценки	Без регулятора	С регулятором	Примечания
Время регулирования	80 сек.	5 сек.	Значительный прирост скорости
Перерегулирование	60%	14.9%	Соответствует
Число колебаний	4	1	Соответствует
Колебательность	36.7%	-	Соответствует
Период колебаний	20 сек.	-	Соответствует
Установившаяся ошибка	-	-	-
Первый максимум	9 сек.	1	Соответствует
Время нарастания	4.6 сек.	0.5 сек.	Соответствует
Декремент затухания	0.33	-	

Смотря на результаты прямых оценок качества, можно сделать выводы что настройка регуляторов прошла успешно, перерегулирование уменьшилось в 3 раза, скорость прихода системы в установившееся значение увеличилась многократно, с помощью правильно настроенного регулятора в системе были исключены колебания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте была изучена работа системы дистилляционной колонны газовой отрасли, произведено полное изучение данного объекта, строение башен, описан его принцип работы и его особенности. Было проведено изучение работы данного объекта без регуляторов, а также проведён полный разбор полученных данных.

В процессе исследования нашего объекта были проделаны следующие действия:

- описаны следующие моменты, где применяются дистилляционные колонны, их принцип работы и их строение;
- составлены функциональная и структурная схема;
- произведены исследования устойчивости системы;
- произведены исследования регулирование системы, какой регулятор и какой вид настройки является оптимальным для нашей системы.

По итогам исследования нашей системы и элементов регулирования, а именно регуляторов, опытным путём мы выяснили что подходящий для нашей системы регулятором является PID регулятор с таким видом настройки как Sltuner. Данный вид настройки позволил значительно уменьшить время регулирования, понизил процент перерегулирования в 3 раза, а также практически полностью исключил колебания в системе.

Также, помимо данного вида настройки были использованы другие виды настройки, к примеру fine-tuning, которые тоже показали достойные результаты и их можно использовать как аналоговые виды настройки PID регулятора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Е. Б. Андреев, А. И. Ключников, Автоматизация технологических процессов добычи и подготовки нефти и газа. Под редакцией профессора В.Е. Попадько. – 336 с.

2 Химия нефти и газа. Учебное пособие для вузов. А.А. Гайле, А. И. Богомолов, В. В. Громова. "Химия", 1995г. – 43 с.

3 Технология первичной переработки нефти и природного газа. Мановян А. К., 2001. – 143 с.

4 Абсорбция газов. Рамм В.М. 24 с.

5 Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М.: Наука, 1972. – 236 с.

6 Sigurd skogestad, Mandfred Morari, Control of high-purity distillation columns from a robustness viewpoint. – 144 с.

7 Добыча, транспорт и подземное хранилище газа. Коротаев Ю.П., Ширковский А.И. Недра, Москва, 1984 г., 486 стр. – 247 с.

8 V. T. Minh, A. M. Abdul Rani, Modeling and Control of Distillation Column in a Petroleum Process. – 24 с.

9 Вестник технологического университета. 2015. Т.18, №11. – 3 с.

10 BISWA BISRUTA TRIPATHY, SANDEEP KUMAR KHATUA, LABANYA BEHERA, DISTILLATION COLUMN CONTROL STRATEGIES. – 86.

11 Research Article Modeling and Control of Distillation Column in a Petroleum Process. – 132 с.

12 Физические методы переработки и использования газа. Учебник для вузов. Балыбердина И.Т., "Недра", 1988г. – 17 с.

13 Физико-химические основы дистилляции и ректификации. Жаров В.Т., Серафимов Л.А. -121 с.

14 РАСЧЕТ ДИАМЕТРА И ВЫСОТЫ ДИСТИЛЛЯЦИОННОЙ КОЛОННЫ ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС КОЛОННЫ. Лекция 13. – 7 с.

15 С. Е. Абрамкин, С. Е. Душин, Моделирование управляемых процессов абсорбционной осушки природного газа. – 13 с.

Приложение

Приложение А

```
s = tf('s');
G = [87.8 -86.4 ; 108.2 -109.6]/(75*s+1);
G.InputName = {'L','V'};
G.OutputName = {'yD','yB'};
open_system('rct_distillation')
ST0 = slTuner('rct_distillation',{'PID_L','PID_V','DM'});
addPoint(ST0,{'r','dL','dV','L','V','y'})
wc = 0.5;
OS = TuningGoal.Overshoot('r','y',15);
DR = TuningGoal.StepRejection({'dL','dV'},'y',4,20);
Controls = {'L','V'};
Measurements = 'y';
[ST,gam,Info] = looptune(ST0,Controls,Measurements,wc,OS,DR);
figure('Position',[0,0,1000,1200])
loopview(ST,Info)
figure
Ttrack = getIOTransfer(ST,'r','y');
step(Ttrack,40), grid, title('Setpoint tracking')
Treject = getIOTransfer(ST,{'dV','dL'},'y');
step(Treject,40), grid, title('Disturbance rejection')
clf, sigma(G,Treject), grid
title('Principal gains from input disturbances to outputs')
legend('Open-loop','Closed-loop')
getBlockValue(ST,'PID_V')
DM = getBlockParam(ST0,'DM');
DM.Gain.Value = diag([1 -1]);
DM.Gain.Free = [false true;true false];
setBlockParam(ST0,'DM',DM)
[ST,gam,Info] = looptune(ST0,Controls,Measurements,wc,OS,DR);
figure('Position',[0,0,700,350])
subplot(121)
Ttrack = getIOTransfer(ST,'r','y');
step(Ttrack,40), grid, title('Setpoint tracking')
subplot(122)
Treject = getIOTransfer(ST,{'dV','dL'},'y');
step(Treject,40), grid, title('Disturbance rejection')
showTunable(ST)
```

Приложение Б

```
DM = tunableGain('Decoupler',diag([1 -1]));
DM.Gain.Free = [false true;true false];

PI_L = tunablePID('PI_L','pi');
PI_V = tunablePID('PI_V','pi');
C0 = blkdiag(PI_L,PI_V) * DM * [eye(2) -eye(2)];
C0.InputName = {'Dsp','Bsp','yD','yB'};
C0.OutputName = {'L','V'};
wc = 0.5;

OS = TuningGoal.Overshoot({'Dsp','Bsp'},{'yD','yB'},15);
DR = TuningGoal.StepRejection({'L','V'},{'yD','yB'},4,20);

[~,C] = looptune(G,C0,wc,OS,DR);
Tcl = connect(G,C,{'Dsp','Bsp','L','V'},{'yD','yB'});
figure('Position',[0,0,700,350])
subplot(121)
Ttrack = Tcl(:,[1 2]);
step(Ttrack,40), grid, title('Setpoint tracking')
subplot(122)
Treject = Tcl(:,[3 4]);
Treject.InputName = {'dL','dV'};
step(Treject,40), grid, title('Disturbance rejection')
```

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

На дипломный проект

Гуляев Александр Александрович

5В070200 – Автоматизация и управление

Тема: «Разработка системы автоматического регулирования процессами дистилляционной колонны газовой отрасли»

Перед дипломантом ставилась задача разработки системы автоматического регулирования процессами дистилляционной колонны газовой отрасли.

В ходе выполнения дипломного проекта была выполнена большая работа по сбору материала для описания функционирования дистилляционных колонн, описания принципа работы, строения, особенностях конструкции, также была описана система функционирования колонны с несколькими входными данными, описан способ управления и настройки данной системы. На основе полученных данных была разработана функциональная и структурная схемы.

Для разработанной структурной схемы была построена математическая модель в Simulink (MATLAB), с помощью которой можно было анализировать данные данной колонны, а также вносить изменения в данную систему для её регулирования. Для решения поставленной задачи в среде MATLAB было произведено развязывание системы на верхнюю и нижнюю часть, тем самым позволив произвести точную настройку регуляторов для данной системы с тем учётом, что во время настройки разделённые верхняя и нижняя части не будут сбивать настройку регулятора друг друга, а также после настройки всех частей данной модели дистилляционной колонны соединение частей системы с подбором коэффициентов в связях между ними.

В среде MATLAB были произведены расчёты коэффициентов для двух регуляторов данной системы с помощью looptune, и других команд среды MATLAB, а также после ввода полученных коэффициентов для регуляторов в математическую модель в Simulink были получены и выведены результаты данных манипуляций, получены графики, показывающие работ системы с оптимальными регуляторами.

В процессе выполнения работы данного дипломного проекта автор проекта показал себя дисциплинированным, исполнительным находчивым и трудолюбивым с с высоким уровнем теоретической подготовки.

Заключение: Считаю, что дипломант справился с с поставленной задачей, дипломный проект соответствует всем требованиям, предъявляемым

к дипломным проектам по специальности 5В070200 – Автоматизация и управление. На основании характеристики выполненных исследований, уровня и качества выполненных результатов студент Гуляев Александр Александрович допускается к защите.

Научный руководитель
ассоциированный профессор, канд.техн.наук

_____Ширяева О.И.
(подпись)
«13» мая 2022 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект студента
Гуляев Александр Александрович
5В070200 – Автоматизация и управление

На тему: разработка системы автоматического регулирования процессами дистилляционной колонны газовой отрасли
выполнено:
а) презентация дипломного проекта представлена 20 слайдах;
б) пояснительная записка на 43 страницах.

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В пояснительной записке, представленной на рецензирование, показана разработка системы автоматического регулирования процессами дистилляционной колонны газовой отрасли.

В первой главе произведено полное описание технологического процесса, принципы работы дистилляционной работы, особенности её строения.

Во первой части второй главы было произведено получение исходных данных дл данной системы.

Во второй части было произведено создание модели дистилляционной колонны в среде моделирования Simulink (MATLAB). Проведен анализ системы автоматического регулирования концентрацией в конденсаторе дистилляционной колонны. Проведён анализ устойчивости системы, проведён процесс развязывания дистилляционной колонны.

В третьей части было произведён анализ различных регуляторов, где сравнивались P, PI, PD и PID регуляторы и далее после подключения данных регуляторов было выяснено что PID регулятор наиболее подходящий регулятор.

После подключения регулятора были положительные результаты, однако не все необходимые параметры были достигнуты. В связи с этим, регулятор был подвергнут дальнейшей настройке. Экспериментальным путем были подобраны необходимые численные значения для параметров регулятора. В конечном итоге недостающие параметры были исправлены.

Четвертая часть посвящена прямым оценкам качества конечной замкнутой системы автоматического регулирования двумя с настроенными регуляторами типа PID регулятор.

В пятой части произведено сравнение конечных результатов системы без регулятора и с ним.

Графический и текстовый материал оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ, предъявляемыми к оформлению учебных работ.

Данный дипломный проект отличает проработанность, научно-исследовательский подход и полноту изложенного теоретического материала.

Проведенные исследования доказывают отличную теоретическую подготовку дипломанта.

Оценка работы

Считаю, что дипломный проект заслуживает оценки (А-) «отлично», а студент Гуляев А. А. присуждения академической степени бакалавра по специальности 5В070200 – Автоматизация и управление.

Рецензент
канд. техн. наук, доц.
_____ Юничева Н.Р.
(подпись)
«16» мая 2022г.

Протокол анализа Отчета подобия
заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальника структурного подразделения заявляет, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Гуляев Александр Александрович

Название: Разработка системы автоматического регулирования процессами дистилляционной колонны газовой отрасли
Координатор: Ширяева Ольга Ивановна

Коэффициент подобия 1: 0.28

Коэффициент подобия 2: 0

Замена букв:0
Интервалы:0
Микропробелы:0
Белые знаки: 0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальника структурного подразделения констатирует следующее:

- ☑ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;

- ☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;

- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем не допускаю работу к защите.

Обоснование: В результате проверки на антиплагиат были получены коэффициенты: Коэффициент подобия 1: 0,.28 и Коэффициент подобия 2: 0. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«_3_» мая 2022 г.
Дата

_____
Подпись заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:
Дипломный проект допускается к защите.

«___» мая 2022 г.
Дата

_____
Подпись заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с полным отчетом подобия, который был сгенерирован системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Гуляев Александр Александрович

Название: Разработка системы автоматического регулирования процессами дистилляционной колонны газовой отрасли

Координатор: Ширяева Ольга Ивановна

Коэффициент подобия 1: 0.28
Коэффициент подобия 2: 0.00
Коэффициент цитирования: 0.15
Замена букв: 1
Интервалы: 0
Микропробелы: 0
Белые знаки: 0
Парафразы: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- ☑ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы, по существу, и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем работа должна быть вновь отредактирована и с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем не допускаю работу к защите.

Обоснование:

В результате проверки на антиплагиат были получены коэффициенты: Коэффициент подобия 1: 0.28 и Коэффициент подобия 2: 0. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. Обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

3 мая ....

Дата *Подпись научного руководителя*