**ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГООБРАЗОВАНИЯ (АССОЦИАЦИЯ)**

**«КИСЛОВОДСКИЙ ГУМАНИТАРНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»**

Факультет Инженерный

Кафедра Систем автоматического управления

Направление Управление в технических системах

К защите допустить:

Зав. кафедрой\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_д.т.н., проф. Гайдук А.Р.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2017 г.

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

к выпускной квалификационной работе

на тему:

**РОБАСТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМ РЕАКТОРОМ**

Руководитель работы: д.т.н., проф. Гайдук А.Р.

 (должность, ученая степень и звание)

Консультанты:

по экономическому разделу к.э.н. Курданов М.Д.

по разделу безопасности и экологичности Сербулова Т.Н.

Студент: Далов Астемир Олегович, гр.241

 (фамилия, имя, отчество, группа)

Кисловодск 2017 г

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГООБРАЗОВАНИЯ (АССОЦИАЦИЯ)**

**«КИСЛОВОДСКИЙ ГУМАНИТАРНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»**

Факультет Инженерный

Кафедра Систем автоматического управления

Направление Управление в технических системах

**ЗАДАНИЕ**

на выпускную квалификационную работу

Далову Астемиру Олеговичу

1. Тема работы: Робастная система управления химическим реактором утверждена приказом по вузу № 09 от 15.01.2017 г

2. Срок сдачи студентом законченной работы 26.06.2017

3.Задание: Спроектировать робастную систему управления химическим реактором на основе исследования свойств систем управления, синтезированных на основе моделей химического реактора, редуцированных тремя методами. Сравнить свойства редуцированных систем со свойствами нередуцированной системы. Управление реактором реализовать на основе микроконтроллера и промышленных датчиков.

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Введение

 1. Обзор состояния систем управления химическим реактором

 2. Разработка математической модели реактора

 3. Синтез систем управления

 4. Исследование робастной устойчивости

 5. Выбор технических средств для реализации управления

 6 Технико-экономическое обоснование ВКР

 7. Безопасность и экологичность ВКР

Заключение \_ \_ \_

5. Перечень иллюстративного материала (с точным указанием содержания обязательных слайдов).

1. Постановка задачи управления (1слайд)

2. Разработка математической модели реактора (1 слайд)

3. Синтез систем управления (4 слайда)

4. Исследование робастной устойчивости системы управления (1 слайд)

5. Выбор технической реализации закона управления (1 слайд)

6. Безопасность и экологичность ВКР (1 слайд)

7. Технико-экономическое обоснование ВКР (1 слайд)

6. Консультации по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним разделов)

Технико-экономическое обоснование /Курданов М.Д./

Безопасность и экологичность /Сербулова Т.Н./

|  |  |
| --- | --- |
| 7. Дата выдачи задания | 15 декабря 2016 г. |

|  |  |
| --- | --- |
|  **Руководитель** | /Гайдук А.Р./ |

 (подпись)

|  |  |
| --- | --- |
| Задание принял к исполнению  | 15 декабря 2016г. |

|  |  |
| --- | --- |
|  Подпись студента | Далов А.О. |

УДК 681.5.013

Робастная система управления

химическим реактором

Выпускная квалификационная работа

Далов Астемир Олегович

Кисловодск, КГТИ, 2017 г.

**РЕФЕРАТ**

Квалификационная работа содержит 76 страниц, 7 таблиц, 22 рисунка и список источников из 31 наименований.

*Ключевые слова: дистилляция нефти, технологический процесс, математическая модель, редукция, замкнутая система, управление, робастная устойчивость.*

В квалификационной работе разработано несколько вариантов редуцированной системы автоматического управления процессом дистилляции нефти. Исследовано влияние малой постоянной времени, исключенной при синтезе системы управления, на робастную устойчивость редуцированных систем управления. Редукция систем управления существенно повышает степень робастной устойчивости редуцированных систем, если эти постоянные времени на два порядка меньше учтенных постоянных времени.

Выделение бензина из смеси происходит с достаточной степенью эффективности, характер процесса управления апериодический, система асимптотически устойчива.

В работе проведено рассмотрение вопросов безопасности и экологичности, а так же технико-экономическое обоснование разработки.

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ………………………………………………………………………..9

1. ОБЗОР СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМ РЕАКТОРОМ…………………………………………………………………….12

2. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕАКТОРА.……18

2.1. Разработка математической модели реактора…………..………………...18

2.2. Постановка задачи синтеза САУ……………...…………...………………19

2.3. Робастная устойчивость……………………………………...……………..27

3. СИНТЕЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ….…...…………………………..30

3.1. Постановка задачи управления………………………………………….....30

3.2. Редукция и синтез систем…………………………………………………..30

3.3. Синтез нередуцированной системы управления………………………….37

4. ИССЛЕДОВАНИЕ РОБАСТНОСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ……….39

5. ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ…………………………………45

6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВКР ……..……54

6.1. Расчет себестоимости используемых материалов………………………...54

6.2. Расчет средств на закупку оборудования для проектирования………….54

6.3. Расчет основной и дополнительной заработной платы…………………..56

6.4. Расчёт накладных расходов………………………………………………...58

6.5. Оценка экономического эффекта………………………………………......59

7. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ВКР……...……………….60

7.1. Описание и назначение разработки………………………………………..60

7.2. Идентификация потенциальных, вредных и опасных факторов, тяжести и напряженности трудового процесса……………………………………………62

7.3. Меры по улучшению условий труда……………………………………....62

7.4. Пожарная безопасность……………….……………………………………64

7.5. Защита окружающей природной среды.……………………………… 65

ЗАКЛЮЧЕНИЕ……………….............................................................................66

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК………………..........................................67

**ВВЕДЕНИЕ**

Как известно, динамические системы автоматизации и управления высоких порядков, как правило, имеют регуляторы повышенной сложности. Эти системы характеризуются более высокой чувствительностью к изменениям структуры и параметров, т.е. пониженной робастностью [5, 25 –28].

Обычно с целью снижения сложности систем автоматизации и их регуляторов малые постоянные времени математических моделей автоматизируемых процессов опускаются [1, 5, 6, 7]. Это приводит к редукции моделей этих процессов. Получаемые на основе редуцированных моделей регуляторы является более простыми и теоретически обеспечивают системе устойчивость и требуемое качество процесса управления. Это позволяет упростить устройства управления систем автоматизации, а также уменьшить сложность решения как задач синтеза и анализа, так и практической реализации редуцированных систем.

 Но в реальных редуцированных системах эти малые постоянные времени существуют и приводят к повышению порядков систем по сравнению с расчетными значениями. Кроме того, эти постоянные времени, могут оказать существенное влияние на свойства системы [5, 8]. В связи с этим возникает необходимость оценки влияния, указанных малых постоянных времени на свойства замкнутых систем. Так как параметры реальных процессов автоматизации обычно являются неопределенными, т.е. их значения известны с точностью до некоторых интервалов, то целесообразно проводить исследование робастной устойчивости замкнутых редуцированных систем автоматизации [4, 5].

К настоящему времени разработано много методов редукции моделей линейных систем автоматизации, в основе которых лежит исключение «слабо влияющих связей», «малых постоянных времени», «быстро затухающих мод», а также балансировка моделей управляемых систем, синтез неполных систем и др. [1, 5 – 6, 14, 29 –32]. Одним из наиболее ранних является метод обнуления малых постоянных времени (МПВ) [1, 28 – 30], который применяется, когда знаменатели передаточных функций динамических систем имеют множители типа , с малыми значениями постоянных времени *Т*. Эти множители соответствуют быстро затухающим составляющим переменных состояния и практически не влияют на качество систем автоматизации. При обнулении МПВ происходит понижение степени знаменателей передаточных функций, т.е. редукция модели системы. Для краткости, в дальнейшем данный метод редукции будем называть «временной редукцией».

Развитие методов исследования динамических систем в переменных состояния, привело к разработке процедуры балансировки моделей линейных систем, основанной на таком преобразовании переменных системы, которое диагонализирует её управляемость и наблюдаемость [6, 14, 31 – 32]. Эта процедура позволяет осуществить «балансную редукцию» модели динамической системы в переменных состояния, путем отсечения части переменных, доставляющих меньшие вклады в динамику системы. При этом понижение порядка модели осуществляется с минимизацией нормы разности переходных матриц исходной и редуцированной динамических моделей [6, 14].

В работе [5] предложен новый метод «модальной редукции», который заключается в спектральной декомпозиции моделей динамических систем в переменных состояния на «быструю» и «доминирующую» подсистемы, и в последующей замене динамики быстрой подсистемы её установившимся режимом. При этом предполагается, что быстрая подсистема включает быстро затухающие моды исходной модели, а доминирующая подсистема – все остальные её моды. Однако, если два предыдущих метода при одной и той же степени редукции приводят к единственной редуцированной модели, то метод модальной редукции, как правило, приводит к различным моделям.

Это связано с особенностью описания динамических систем в переменных состояния. Дело в том, что одной и той же динамической системе можно поставить в соответствие множество систем дифференциальных уравнений (моделей) в переменных состояния даже одного и того же порядка. Эти модели равнозначны с точки зрения соотношений «вход-выход», но имеют различные переменные состояния, обусловленные различными матрицами преобразования, посредством которых осуществляется спектральная декомпозиция исходной модели. Поэтому одной и той же исходной модели в переменных состояния соответствует множество «модально редуцированных» моделей, имеющих различные переменные состояния как быстрой, так и доминирующей подсистем. Редукция всех этих декомпозированных моделей осуществляется, естественно, путем исключения мод, соответствующих одним и тем же корням характеристического уравнения исходной модели системы, поскольку при линейных преобразованиях корни не меняются.

На основе изложенного нетрудно заключить, что и временная, и балансная, и модальная редукции, фактически, приводят к исключению динамики быстрой подсистемы рассматриваемого процесса из процедуры синтеза системы автоматизации или управления. Однако в действительности, влияние исключенной динамики на устойчивость и другие свойства синтезированной редуцированной системы, естественно, сохраняется. В связи с этим представляет интерес сравнение различных методов редукции по тем свойствам, которые имеют системы автоматизации и управления, синтезированные на основе различных редуцированных моделей.

В данной выпускной квалификационной работе на численных примерах изучается влияние указанных выше методов редукции на робастную устойчивость замкнутых систем. При этом рассматриваются редуцированные системы автоматизации, полученные методом аналитического синтеза систем с управлением по выходу и воздействиям (АСС с УВВ) [4, 15].

Линейные элементы реальных систем автоматического управления, как правило, могут содержать неопределенности, так как параметры их моделей также определяются с некоторыми погрешностями. Поэтому вводится робастная устойчивость систем управления. Системы с такими интервальными параметрами относятся к классу интервальных систем (ИС) [1,2].

 Несмотря на наличие значительного числа предшествующих результатов, необходимые и достаточные условия устойчивости (робастной) устанавливаются теоремой В. Л. Харитонова, впервые доказанной в работе [3]. Эта теорема широко используется при разработке ИС, позволяя обеспечить робастную устойчивость, которая заключается в обеспечении устойчивости систем при любых значениях параметров в заданных интервалах [1, 4]. Также на данный момент большое внимание уделяется не только анализу робастной устойчивости, но и синтезу регуляторов, гарантирующих робастноcть ИС.

Оценка робастной устойчивости редуцированных замкнутых систем проводится по критерию В.Л. Харитонова с учетом отсеченной при синтезе динамики, а влияние методов редукции – путем построения границ робастной устойчивости этих систем. Этот критерий позволяет свести задачу исследования робастной устойчивости динамических систем к задаче исследования гурвицевости некоторых полиномов.

В квалификационной работе изучается зависимость критических отклонений коэффициентов редуцированной модели дистилляции от значений малых постоянных времени, не учтенных при синтезе этой системы. Допустимые значения отклонений – это значения отклонений, при которых замкнутая система оказывается на границе устойчивости [4].

Химический реактор, применяемый для разделения жидких смесей(дистилляция), компоненты которых различаются по температурам кипения

Процесс осуществляется при взаимодействии потоков пара и жидкости, которые имеют разные составы и температуры: пар имеет более высокую температуру, чем вступающая с ним в контакт жидкость.

При периодической дистилляции смесь разделяют на отдельные компоненты (или фракции, кипящие в определенном интервале температур) путем последовательного их отбора при изменяющихся во времени рабочих параметрах процесса.

Дистилляция по непрерывной схеме позволяет одновременно получать два или более продуктов при стационарных условиях процесса. Процесс дистилляции осуществляют в аппаратах — дистилляционных колоннах. Для создания потока паров в нижнюю часть колонны подводят тепло, а поток жидкости (орошения, флегмы) создают путем отвода тепла из верхней части колонны, конденсируя соответствующее количество паров.

В нефтеперерабатывающей промышленности в основном применяют дистилляционные (ректификационные) колонны непрерывного действия.

Основными рабочими параметрами процесса ректификации являются давление и температура в системе, соотношение потоков жидкости и пара (флегмовое число), число контактных ступеней. При соответствующем выборе этих параметров обеспечивается разделение исходной смеси на компоненты (фракции), удовлетворяющие определенным требованиям.

Эффективность работы ректификационных колонн существенно зависит от вида перерабатываемого сырья, режима эксплуатации, рабочих условий, работы системы автоматизации, качества изготовления и монтажа колонны и тарелок и т. д. Практические данные об эффективности промышленных колонн однотипных установок часто значительно различаются. Вместе с тем эти данные позволяют более обоснованно выбрать рабочие характеристики колонны при проектировании и оценить фактические показатели при эксплуатации.

Дистилляционные колонны являются существенной составляющей инвестиционных вложений в нефтеперерабатывающие заводы; а управление колонами в случае неэффективной стратегии требует значительных эксплуатационных затрат.

Процессы разделения смесей и получение индивидуальных веществ различной чистоты играют ключевую роль в современной промышленности. Причем наблюдается ярко выраженная тенденция получения все более чистых веществ. Среди процессов разделения доминирующую роль играет дистилляция, и её количественная доля составляет около 90 процентов. Объясняется это достаточной универсальностью процессов дистилляции и способностью перерабатывать огромные массовые потоки веществ.

В основе дистилляции лежит возможность разделения веществ путем превращения их из жидкости в пар (испарение) и обратно (конденсация). Это происходит благодаря тому, что каждое вещество имеет своё, отличное от других, давление насыщенных паров. Давление насыщенных паров вещества определяет его температуру кипения, содержание в смеси паров с другими веществами, иными словами – степень его летучести. Простейший случай разделения веществ – однократное испарение.

В этой работе предлагается решать задачу автоматического управления в простой дистилляционной колонне, в которой происходит разделение бензино-толуоловой смеси на фракции.

Управление процессами в верхней и нижней части дистилляционной колонны является на протяжении многих лет объектом исследований. Однако внедрение системы регулирования не является легкой задачей из-за феномена взаимодействия или обратной связи, которые имеют место между различными контурами регулирования в дистилляционной колонне, поэтому актуальность автоматизации дистилляции является важной проблемой в современном мире, решение которой существенно упростит процесс исследования устойчивости системы.

Целью выпускной квалификационной работы является – разработать систему управления дистилляционной колонной, обеспечивающую заданное качество процесса дистилляции.

*В первом разделе* рассмотрен технологический процесс переработки нефти на ЭЛОУ – АВТ. Составлена упрощенная схема установки ЭЛОУ– АВТ. Разработана принципиальная схема комбинированной установки электрообессоливания и дистилляции нефти.

*Во втором* разделе разработано схематическое представление дистилляционной колонны – химического реактора, в котором происходит переработка нефти и выделение бензина из бензино – толуоловой смеси. Определена задача автоматизации технологического процесса и составлена исходная математическая модель дистилляции нефти.

*В третьем* разделе рассмотрен аналитический метод синтеза САУ, заключающийся в определении структуры и параметров устройства управления, которое предназначено для придания замкнутой системе устойчивости и требуемых показателей качества. А также изложен метод анализа робастной устойчивости динамических систем на основе критерия В.Л. Харитонова. Исходная математическая модель, составленная во втором разделе, редуцирована тремя методами: с помощью временной, балансной и модальной редукции. Проведен синтез четырех вариантов системы управления дистилляционной колонной. В результате получены три уравнения «вход-выход» редуцированных моделей.

*В четвертом* разделе проведено исследование робастной устойчивости нередуцированной и редуцированных систем управления. В результате чего установлено, что редукция систем управления повышает их робастную устойчивость, если исключаемые постоянные времени достаточно малы. Выявлена зависимость отклонений коэффициентов математических моделей технологического процесса дистилляции, критических по условию робастной устойчивости соответствующих систем автоматизации, от значений малой постоянной времени *Т*, неучтенной при их синтезе.

*В пятом* разделе проведен выбор технических средств для реализации закона управления. Были использованы промышленные датчики разности, давления и температуры, измерительный преобразователь и автономный цифровой индикатор Метран–620, в состав которого входит микроконтроллер.

 *В шестом и седьмом* разделах разработано технико-экономическое обоснование и безопасность и экологичность проекта. Произведен расчет стоимости исследуемой разработки и расчет себестоимости производства разработанной системы управления. Проведен анализ труда по факторам опасности и вредности; анализ методов и средств по улучшению условий труда. Разработана пожарная безопасность в лаборатории и составлены меры защиты окружающей среды.

1. **ОБЗОР СОСТОЯНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМ РЕАКТОРОМ**

Дистилляция нефти (перегонка нефти) – разделение ее на отдельные фракции (дистилляты) с различными температурами кипения, путем испарения и дробной конденсацией образующихся паров. Дистилляция нефти – процесс, многоступенчатого испарения сырья с ректификацией полученной парожидкостной смеси на каждой ступени ректификационной колонне и отводом из нее теплоты, как при дистилляции любой жидкой смеси. Многоступенчатость процесса обусловлена сложным углеводородным составом нефти, которая выкипает на 80-90% по массе в интервале 30-550 °С.

Для выделения максимального количества дистиллятов без изменения их природного состава, т.е. без термической деструкции углеводородов и органических соединений, которые содержат гетероатомы, зачастую, применяют несколько ступеней, в которых процесс проходит при разных температурах и давлениях. Иногда для повышения степени разделения нефтяных фракций перегонку осуществляют, путем обогащения полученного дистиллята дополнительно с помощью дефлегмации, при которой его снова испаряется, частично конденсирует высококипящие компоненты, возвращая их в виде флегмы в кипящую нефть, и обогащая таким образом низкокипящими компонентами.

Дистилляции подвергают предварительно подготовленную нефть. На заводах, занимающихся переработкой нефти, отделяют нефтяные газы, механические примеси, воду (до остаточного содержания 0,5-1% по массе) и растворенные в ней минеральные соли (100-1800 мг/л), глубоко обезвоживают (не более 0,2%) и обессоливают (не более 3 мг/л), а легкое сырье одновременно стабилизируют - выделяют пропан-бутановую, а иногда и пентановую фракции углеводородов с целью снижения их потерь при перегонке нефти.

Различают три принципиальных типа установок: атмосферные трубчатые(АТ), в которых процесс проходит под давлением 150-400 кПа, отбирая только светлые дистилляты, которые закипают при 350°С; атмосферно– вакуумные трубчатые(АВТ), в которых процесс осуществляется сначала на ступени АТ, нагревая и при низком давлении 5-15 кПа, отбирая фракции с температурой кипения до 500-540°С; комбинированные, в которых блок АВТ совмещается с блоком электрообессоливания (ЭЛОУ) сырья и вторичной дистилляцией на более узкие фракции дистиллятов первичной перегонки.

Установка ЭЛОУ-АВТ является комбинированной установкой, сочетающей в себе 2 блока для первичной переработки нефти. Эта электрообессоливающая установка или электродедигратор и атмосферно-вакуумный блок.

Задачей ЭЛОУ-АВТ является отделение воды и солей от сырой нефти для дальнейшего ее разделения на фракции в атмосферно-вакуумном блоке АВТ, посредством ректификации в атмосферных и вакуумных колоннах.

В ректификационных колоннах обеспечивается четкость разделения целевых фракций нефти, определяющая комплекс их физико-химических свойств. Четкость разделения зависит в основном от двух факторов – числа тарелок, на которых пары контактируют с жидкостью, стекающей им навстречу, и кратностью орошения.

В колонках АВТ используют преимущественно клапанные и ситчатые с отбойными элементами тарелки. В вакуумных колоннах, где при остаточном давлении в верхней части 6-7 кПа перепад давлений на тарелках до места ввода сырья не должен превышать 5-6 кПа (для обеспечения макс, испарения нефти), вместо тарелок применяют регулярные насадки, обладающие малым гидравлическим сопротивлением (2-3 кПа) при высокой эффективности контакта.

Отличительная особенность вакуумных колонн – наличие в зоне ввода питания (мазута) мощных сепарирующих устройств, отделяющих паровую фазу от капель жидкости с целью предотвращения попадания смолисто-асфальтеновых веществ в дистилляты XIV и XV.

Трубчатые печи АВТ - крупные теплогенерирующие агрегаты мощностью 30-40 МВт. Нагреваемые в них среды движутся по трубчатому змеевику (диаметр труб 150-200 мм) в несколько потоков.

Теплообменные аппараты играют роль в дистилляции нефти, где образуется теплота горячих конечных продуктов, которая расходуется на нагрев необработанной нефти. Этот процесс обеспечивает снижение затрат топлива в печах. В современных установках АТ и АВТ расходуемое топливо колеблется от 15 до 25 тонн нефти в год.

Аналитический контроль работы дистилляционных установок включает стандартные методы определения типичных характеристик качества основных дистиллятов в лабораторных условиях, а также в производственных потоках для получения непрерывной информации в системах автоматического управления процессом.

Фракционный состав, устанавливающийся простой перегонкой и по которому делают выводы о четкости разделения смежных дистиллятов, является важным показателем продуктов.

Для того чтобы оценить детализированный состав нефти и ее дистиллятов используют фракционный состав по истинным температурам кипения (ИТК), который определяется путем ректификации.

На схеме 1.1: 1-6 – ректификационные колонны соответственно отбензинивающая, атмосферная, отпарные, вакуумная, стабилизационная и вторичной перегонки бензина; 7-8 – соответственно атмосферная и вакуумная трубчатые печи; 9 – электродедигратор; 10 – кипятильники; 11 –сепараторы; 12 – конденсаторы; 13 – холодильники; 14 – теплообменники; 15 – насосы; 16 – эжектор; АТ, АВТ – соответственно атмосферная и атмосферно–вакуумная трубчатые установки; ВтБ – блок вторичной перегонки бензина; ЭЛОУ – блок электрообессоливания; I, II–соответственно сырая и отбензиненная нефть; III – мазут; IV– гудрон; V–VШ – бензиновые фракции соответственно легкая (начало кипения 85 °С), головка (кипит при 85 °С), 60-150 °С и 85-150°С; IX – сжиженный газ (пропан-бутановая фракция, СЗ-С4); X–керосин (150-230°С); XI– зимнее дизельное топливо (180-320°С); XII– компонент летнего дизельного топлива (240-360°С); ХШ–ХV – соответственно легкий (270-360°С), средний (325-460°С) и тяжелый (380-510 °С) вакуумный газойли: XVI– компонент легкого газойля; XVII, XVIII – газ низкого (С1-С4) и высокого (С1-СЗ) давлений; XIX– деэмульсатор; XX – водяной пар; XXI – конденсат; XXII – вода и минеральные соли.



Рис.1.1 Принципиальная схема комбинированной установки электрообессоливания и дистилляции нефти

Сырье поступает в насосную. Сырая нагретая нефть с смесью промывочной водой поступает в электродедигратор, где происходит ее обессоливание и обезвоживание под действием электрического тока. Обезвоженная и обессоленная нефть поступает в теплообменники, далее направляется в атмосферно-вакуумный блок для разделения на фракции посредством ректификации. Далее нефть поступает в отбензиневающую колонну. Сверху колонны отбирают смесь углеводородных газов и выделяют в сепараторе смесь гутанов, снизу колонну выделяют отбензиненную нефть. Эта нефть поступает в трубчатую печь для нагрева, затем в атмосферную колонну. Сверху колонну отбирают смесь бензина и углеводородных газов, далее разделяемую в сепараторе. Ниже отбирают керосиновую фракцию, затем дизельную фракцию и мазут. Мазут идет в печь для нагрева, затем в вакуумную колонну. Из колонны происходит отбор вакуумного газойля-гудрона. Остатком переработки является некондиционный нефтепродукт. Полученные продукты остывают в холодильниках.

Функциональная схема комбинированной установки электрообессоливания и дистилляции нефти приведена на рис.1.2



Рис.1.2 Функциональная схема комбинированной установки электрообессоливания и дистилляции нефти

Характерной особенностью для электродедигратора является пожароопасная авария. Это повышение давления в аппарате, вызывающие повреждение корпуса, выход наружу и воспламенение нефти, нагретой выше температуры вспышки.

Специфику пожарной опасности технологической среды на установке АВТ определяют: исходный нефтепродукт, нефть обессоленная и обезвоженная, а также продукты атмосферного и вакуумного блоков.

Специфику пожарной опасности установки определяются возможностью образования горючей среды, воспламенение или взрыва смеси паров нефтепродукта с воздухом аппарата и на производственной площадке.

Характерными пожароопасными ситуациями является: повышение внутреннего давления в аппаратных атмосферной части при поступлении в них обменённой нефти , в следствие неудовлетворительного обезвоживания нефти на ЭЛОУ, воспламенение трубчатой печи легких нефтепродуктов, нагретых ниже температуры самовоспламенения, образование взрывоопасных паро-воздушной смеси в вакуумной колонне, в следствие подсоса воздуха в колонну, выброс , растекание, самовоспламенение и горение на аппаратном дворе вакуумной части мазута, нагретого выше температуры самовоспламенения.

На установке предусмотрена защита ректификационных колонн на всю высоту и передвижной пожарной техникой. Исходя из условий орошения защищаемого оборудования одной компактной струей. Печи защищены установками подачи инертного газа в загрузочный бункер реактора и рабочую часть трубчатой печи соответственно: насосная, автоматическая установка пожаротушения и автоматическая пожарная сигнализация.

Мощность современных ЭЛОУ – АВТ, которые работают на основе представленной схеме, составляет 6–8 миллионов тонн перерабатываемого сырья в год.

Работа технологических установок в значительной степени автоматизирована. Например, автоматически регулируются температуры паров в верхней части колонн, горячих потоков на выходе из печей, расходы большинства промежуточных потоков и стабильность отбора конечных дистиллятов при заданных показателях их качества.

Для автоматического управления процессом дистилляции интенсивно внедряется вычислительная техника. Это позволяет проводить процесс на всех стадиях в оптимальном режиме, обеспечивающем максимально возможный выход дистиллятов при минимальных затратах энергии.

1. **РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕАКТОРА**
	1. **Вывод исходной математической модели**

Схематическое представление дистилляционной колонны, исследуемой в этой работе, представлено на рис. 2.1. В колонне происходит выделение бензина из бензино-толуоловой смеси. Это осуществляется на семи тарелках с входным потоком *F*, поступающим на питающую тарелку *f* колонны (*f=4*).



Рис.2.1 Схема дистилляционной колонны

В этом процессе составы смеси верха и низа колонны регулируются орошением () и входным потоком подаваемой смеси *F*. Данные по номинальным режимам работы представлены в [10].

Для моделирования работы дистилляционной колонны использовались как уравнения материального, так и теплового баланса [12]; таким образом, полученная модель представляет собой систему характеристических уравнений, описывающих различные этапы функционирования колонны.

Исходная модель одномерного (SISO) технологического процесса (управляемой системы) третьего порядка, описывается уравнениями:

, , (2.1)

где,

, , . (2.2)

Здесь  – управление, которым является горячий пар, подаваемый в Reboiler; – температура паров в верхней части колонны, которая является управляемой переменной технологического процесса.

При этом передаточная функция (ПФ) системы (2.1), (2.2) имеет вид:

. (2.3)

Полученная модель в дальнейшем используется для синтеза системы управления тремя методами редукциями: временной, балансной и модальной.

**2.2 Постановка задачи синтеза САУ**

К началу решения задачи синтеза САУ объект управления, как совокупность исполнительного механизма, объекта и датчиков, обычно известен, т.е. известна его математическая модель (2.1) – (2.3). Поэтому задача синтеза заключается в определении структуры и параметров устройства управления (УУ), которое предназначено для придания замкнутой системе устойчивости и требуемых значений показателя качества. Задача синтеза САУ формируется различным образом в зависимости от назначения системы, условий ее функционирования и предполагаемого метода синтеза.

Рассматривая постановку задачи синтеза одномерных систем стабилизации, следящих и программного управления, функционирующих в условиях (не случайных) воздействий. Требуемый закон изменения во времени управляемой переменной этих систем определяется задающим воздействием, а качество характеризуется обычно заданным показателям качества [4, с 112]. Поэтому целесообразно применить метод аналитического синтеза по прямым показателям качества (АССППК) [7, с. 163]. Синтез САУ этим методом проводится на основе модели заданной части или объекта управления в виде уравнения «вход-выход»:

 (2.4)

где – управляемая переменная;  – управляющее воздействие (управление); неизмеряемое возмущение; – нормированный по старшей степени полином вида:

. (2.5)

числа или полиномы общего вида. Коэффициенты всех полиномов в (2.1) имеют известные численные значения.

Далее полагая, что объект управления (2.4) является полным, т.е. условие – выполнено.

 Уравнение УУ всегда определяется используемым при синтезе САУ принципом управления. При использовании метода АССППК ищется уравнения «вход-выход» УУ в соответствии с «принципом управления по выходу и воздействием», и сначала записывается следующим образом:

 (2.6)

где  – задающее воздействие замкнутой системы; – полиномы, подлежащие определению.

 Как видно, на вход УУ (2.6) подаются выход объекта, а также задающее воздействие. В данном случае возмущение не подается на УУ, так как оно не измеряется. В общем же случае, когда к объекту управления приложены и измеряемые возмущения воздействия, они также подаются на вход устройства управления, наряду с задающим воздействием [7]. Поэтому устройство управления, описываемое уравнением (2.6), фактически, является многомерным устройством управления (МУУ), и реализует «управление по выходу и воздействиям».

Величина:

 (2.7)

где называется *относительным порядком* МУУ (2.6). Эта величина связана с возможностью физической реализации уравнения (2.6), т.е. с возможностью построения такого реального, физического устройства, которое бы описывалось этим уравнением.

Практически из уравнения МУУ (2.6) необходимо искать такими, чтобы их степени удовлетворяли *условию физической реализуемости:*

, (2.8)

где  - допустимое по условиям реализуемости значение относительного порядка, синтезируемого МУУ. Значение назначается при синтезе в зависимости от предлагаемого способа реализации МУУ и свойств технических элементов, используемых при этом.

**2.2.1. Аналитический синтез систем.** Рассматриваемый метод аналитического синтеза систем по прямым показателям качества (АССППК) позволяет создать САУ различных типов: САУ с «независимыми полюсами», «с согласованными полюсами», а также «редуцированные» системы [5].

Очень часто для заданного объекта управления требуется найти МУУ так, чтобы замкнутая система имела [4, с. 128, с.112]:

- астатизм порядка к задающему воздействию и - к возмущению;

- время регулирования не более с;

- перегулирование не более %.

При этом относительный порядок МУУ должен быть равен назначенному значению .

Если в уравнении заданного объекта (4.1) полиномы , , причем и , то для обеспечения требуемых порядков астатизма  и  необходимо в ММУ дополнительно ввести чистых интеграторов (т.е. звеньев с передаточной функцией 1/p):

, (2.10)

где – это число нулевых корней полинома *A*(*p*), – это число нулевых корней *H*(*p*) из уравнения (2.1).

 Чтобы ввести в МУУ чистых интеграторов, достаточно в (4.3) принять полином *R*(*p*) в виде:

(2.11)

где– вспомогательный полином, причем, очевидно, что его степень .

Очень часто процессы, протекающие в объектах управления, является разнотемповыми, т.е. некоторые их составляющие протекают намного быстрее, чем требуется в синтезируемой системе управления, а некоторые – медленнее [15 с.128]. Этим составляющим соответствуют различные значения постоянных времени в характеристическом полиноме объекта, представленном в виде произведения множителей вида или , где 0˂  ˂1.

Если характеристический полином представлен в виде полинома (2.2), то каждому множителю , соответствует его вещественный корень , а каждому множителю - пара комплексных сопряженных корней , где , . Справедливы и обратные соотношения, т.е. каждой паре комплексно-сопряженных корней, например, , соответствует множитель , где , .

Каждая составляющая, соответствующая указанным корням или , затухает за время не более . Поэтому, если характеристический полином объекта имеет множитель , постоянные времени которых намного меньше, чем , где - требуемое время регулирования синтезируемой системы, то соответствующие корни можно предусмотреть и в характеристическом уравнении замкнутой системы. Аналогично можно поступить, если соответствующие множителям  величины намного меньше величины . Тем самым соответствующие составляющие процессов, протекающих в объекте управления, затухнут задолго до окончания переходных процессов синтезируемой системы, причем без влияния на них синтезируемого МУУ. Фактически этот прием позволяет реализовать принцип «наименьшего принуждения», предложенный В.В. Солодовниковым и академиком А.А. Красовским.

С этой целью, прежде всего, на комплексной плоскости определяется область, допустимого расположения корней характеристического полинома *D*(p) синтезируемой системы, которая далее обозначается символом . В дальнейшем корни корней характеристического полинома *D*(p) системы, для кратности, называется ее полюсами.

Область  можно определить, например, условием , где – желаемая степень устойчивости системы [4,7]. Фактически, это значит, что если корни некоторого полинома лежат в области , то его корни можно включать в число корней характеристического полинома синтезируемой системы *D*(*p*). Для этого достаточно принять этот полином равным , где  - полином, корни которого назначаются, исходя из требуемых прямых показателей качества синтезируемой САУ. Принадлежность полюсов некоторого полинома области обозначается символом , либо . В частности, полином может включать множители или при указанных выше условиях.

В связи с этим при синтезе систем с согласованными полюсами, после определения , проводится *факторизация полиномов*  и из уравнения заданного объекта управления (2.1) относительно этой области. Она заключается в представлении этих полиномов в виде:

, (2.12)

где – полиномы, нормированные по старшей степени*p*; – коэффициент при старшей степени *p* полинома . Будем считать, что корни полиномов  и равны тем корням полиномов  и , которые включаются в число полюсов синтезируемой САУ, а корни полиномов  и равны остальным корням  и . В общем случае каждый из полиномов  может быть равен 1.

Для включения корней полиномов  и в число полюсов синтезируемой системы с учетом соотношений (2.8), (2.11) и (2.12) полагают:

 (2.13)

где – неизвестные пока полиномы степеней , и  соответственно. При этом характеристический полином *D*(p) замкнутой системы (2.1), (2.7) принимает вид:

 (2.14)

Выражения (2.14) является полиномиальным уравнением, которое эквивалентно системе линейный алгебраических уравнений [4. c. 202], относительно  коэффициентов полинома степени и конфидентов полинома степени . Здесь и далее обозначено  а . Обозначим и введем обозначения:

 (2.15)

При этих обозначениях система линейных алгебраических уравнений, эквивалентная полиноминальному уравнению (4.10), имеет вид:

 (2.16)

Используя условия физической реализуемости (2.3) и условия разрешимости системы алгебраических уравнений (2.16) [18], находим, что степени указанных выше полиномов определяются выражениями:

 (2.17)

При указанных полиномах (2.13) передаточная функция замкнутой системы по задающему воздействию определяется выражением При этом коэффициентами полиномов  степени  и степени задаются, в соответствии с требуемыми показателями качества синтезируемой системы. Для этой цели удобно применить стандартные передаточные функции [4,16,17]. Сокращающиеся в передаточной функции полиномы и описывают неполную часть систем МУУ + объект. Как известно, неполная часть не влияет на переходные и установившиеся процессы системы, вызванные внешними воздействиями [4].

Порядок выбора коэффициентов полиномов и с применением стандартных передаточных функций зависит от вида в представлении в (4.8) полинома из уравнения объекта (2.1) и сводится к следующим действиям.

Если полином , то по заданному порядку астатизма , степени и перегулированию  из указанных таблиц стандартных передаточных функций коэффициента  и величина . Затем вычисляются коэффициенты полинома (2.15) по формуле:

 (2.18)

где , составляется и решается в MATLAB система (2.16). По найденным коэффициентам и записываются полиномы (2.15), а затем по формулам (2.13) – и полиномы .

 Полином из (2.13) определяется по формуле:

 (2.19)

Если полином то после выполнения описанных выше действий при несколько меньших значениях и , по передаточной функции строится переходная функция. Если перегулирование или время регулирования, найденные по этой переходной функции, превышают превышает допустимые значения, то изменяются коэффициенты передаточной функции до тех пор, пока значения указанных величин не будут удовлетворять требованиям. Найденные таким образом коэффициенты  полинома подставляются в систему (2.16), а полином в (2.13).

Таким образом, метод АССППК позволяет по выражениям (2.8) – (2.19) найти все полиномы искомого МУУ и записать его уравнение (2.3). Для технической реализации МУУ от уравнения «вход-выход» (2.3) переходят к его уравнениям в *переменных состояния*, с применением соотношений *канонической наблюдаемой формы*, приведенных в [3, с. 125].

**2.3 Робастная устойчивость**

Устойчивость замкнутых систем связана со стремлением учесть неопределенности, возникающие при описании нелинейностей, которые содержатся в моделях динамических систем. Однако в общем случае линейные элементы тоже могут содержать неопределенности, так как параметры их моделей также определяются с некоторыми погрешностями. В связи с этим вводится так называемая робастная устойчивость систем управления.

Неопределенности в определении параметров системы, таких как постоянные времени или коэффициенты передачи , приводят к тому, что точные значения этих параметров оказываются неизвестными. Фактически всегда известно, что значения этих параметров лежат в некоторых пределах: . При этом сами коэффициенты , постоянные времени и другие параметры системы являются постоянными.

Это приводит к тому, что в отношении, например, коэффициентов характеристического полинома и других параметров различных моделей системы управления известными оказывается лишь интервалы, в которых лежат их значения.

Например, характеристического полинома:

, (2.20)

линейной части системы могут быть заданы соотношениями:

или (2.21)

Заданные таким образом способом коэффициенты называется интервальными, а разность - интервальным. Верхние и нижние значения рассчитываются по верхним  и нижним  значениям коэффициентов методами интервальной математики [19].

Обычно интервальный полином *D*(*p*) *n*-го порядка записывается следующим образом:

 (2.22)

В технических приложениях различные погрешности, неопределенности чаще всего характеризуются относительной погрешностью. Поэтому и коэффициенты характеристического полинома часто задаются своими расчетными значениями , найденные с некоторой погрешностью :

, (2.23)

где – относительная погрешность коэффициента  в процентах; – расчетное значение коэффициента [4].

Динамическая система с характеристическим полиномом (2.24) является робастно-устойчивой, если она асимптотически устойчива в целом при любых значениях постоянных коэффициентах  из интервала (2.21).

Оценка робастной устойчивости редуцированных замкнутых систем проводится по критерию Л.С. Харитонова с учетом отсеченной при синтезе динамики, а влияние методов редукции – путем построения границ робастной устойчивости этих систем. Этот критерий позволяет свести задачу исследования робастной устойчивости динамических систем к задаче исследования гурвицевости некоторых полиномов. С этой целью сначала составляются четыре полинома Харитонова следующего вида:

 (2.24)

Все эти полиномы имеют степень, равную степени интервального полинома (2.22), а их коэффициенты равны граничным значениям интервальных коэффициентов этого полинома.

Динамическая система с интегральным характеристическим полином (2.22) является робастно устойчивой, если все четыре полинома Харитонова (2.24) являются гурвицевыми.

Таким образом, критерий Харитонова позволяет свести задачу исследования робастной устойчивости динамических систем к задаче исследования гурвицевости некоторых полиномов (2.24).

1. **СИНТЕЗ СИСТЕМ УАПРВЛЕНИЯ**
	1. **Постановка задачи**

На основе указанных в втором разделе методов редукции находится ряд редуцированных моделей управляемой системы, и для каждой из них синтезируется методом АСС с УВВ замкнутая система.

При исследовании робастной устойчивости синтезированных систем принимается, что передаточные функции (ПФ) редуцированных моделей имеют вид , и вводятся интервалы коэффициентов и  полиномов . С этой целью полагается,, где – расчетные значения коэффициентов указанных полиномов, а – максимальные относительные отклонения, обусловленные погрешностями определения коэффициентов в выражениях (2.2).

Оценка робастной устойчивости редуцированных замкнутых систем проводится по критерию Л.С. Харитонова с учетом отсеченной при синтезе динамики, а влияние методов редукции – путем построения границ робастной устойчивости этих систем.

* 1. **Редукция и синтез систем**

**3.2.1. Временная редукция**. В случае динамической системы (2.1), (2.2) её ПФ (2.3) представим в виде:

,

где  можно считать малой постоянной времени.

 Переходная функция динамической системы (2.3) приведена на рис. 3.1.

Рис. 3.1 Переходная функция нередуцированной системы

 Поэтому, выполняя временную редукцию, т.е. полагая в последнем выражении , получим ПФ редуцированной модели в виде:

. (3.1)

График переходной функции редуцированной модели приведен на рис 3.2.

Рис. 3.2. Переходная функция временной модели

Из графиков, приведенных на рис. 3.1 и рис. 3.2 следует, переходная функция временной модели существенно отличается от переходной функция нередуцированной модели.

Переходя к синтезу редуцированной системы, отметим, что в соответствии с методом аналитического синтеза систем с управлением по выходу и воздействиям [15, 7], искомое устройство управления описывается уравнением:

, (3.2)

где – некоторые полиномы;  – изображения по Лапласу управления, задающего воздействия и выходной переменной синтезируемой системы. Вид и степени полиномов  определяются, исходя из требований к качеству системы, условий разрешимости задачи синтеза, а также условий физической реализуемости уравнения (3.2).

На основе модели (3.2) синтезируем неполную астатическую к задающему воздействию систему управления () с перерегулированием % и длительностью переходного процесса не более  с. С этой целью, следуя [15, 7], положим , где – нормированный полином, корни которого равны достаточно левым корням  полинома , т.е. таким, что , где  – желаемая степень устойчивости синтезируемой системы. Множитель *s* в принятом выражении для полинома  обусловлен требованием астатизма первого порядка, так как .

В общем случае , здесь – также нормированный полином, корни которого равны корням полинома , но не включенным в число корней полинома ; – коэффициент при старшей степени  полинома . Фактически, в результате замыкания системы, полином  становится множителем характеристического полинома синтезируемой системы, теоретически делая её неполной [7].

Примем также, что устройство управления (3.2) физически реализуемо, если его относительный порядок , где , а , и . При этих условиях расчетное уравнение «вход-выход» замкнутой редуцированной системы имеет вид:

, (3.3)

где

. (3.4)

Коэффициенты полинома  определяются методом стандартных передаточных функций (СПФ) на основе заданных показателей качества синтезируемой системы. Коэффициенты полиномов  находятся путем решения системы алгебраических уравнений, соответствующей полиномиальному уравнению (3.4) [15, 7].

В случае передаточной функции (3.1) , ,, поэтому из условий разрешимости уравнения (3.4) и указанных условий физической реализуемости следует, что , [15, 7]. По значениям ,  и % из таблицы СПФ [14, с. 346] находим: , , , , %, с. Это позволяет найти коэффициенты полинома  по формуле , где . В данном случае с некоторым запасом примем , тогда , , , , а система алгебраических уравнений, соответствующая уравнению (3.4), здесь имеет вид:

, (3.5)

её решение определяет полиномы , . Поэтому полиномы , , а уравнение устройства управления (3.2), в случае временной редукции, имеет вид:

:. (3.6)

Уравнение (3.6) описывает устройство, относительный порядок которого, очевидно, равен 1, что соответствует принятым условиям синтеза. Нетрудно убедиться, например, с помощью пакета MATLAB, что замкнутая редуцированная система (3.1), (3.6) имеет заданные показатели качества.

**3.2.2. Балансная редукция**. Операцию балансной редукции удобно выполнить в MATLAB с помощью функции «balancmr» [14, 6]. Применяя эту функцию к системе уравнений (2.1), (2.1), получим редуцированную модель:

, . (3.7)

Передаточная функция полученной методом балансной редукции модели (3.7) имеет вид

. (3.8)

Переходная функция балансной модели (3.7), (3.8) приведена на рис. 3.3.

Рис.3.3 Переходная функция балансной модели

Из графиков, приведенных на рис. 3.2 и рис. 3.3 следует, переходная функция балансной модели существенно отличается от переходной функция временной модели.

Замкнутая система синтезируется по передаточной функции (3.8) тем же методом, что и в случае временной редукции, но при , так как здесь полином  имеет первую степень; коэффициент , а полином , по-прежнему. В результате получим следующее уравнение «вход-выход»:

:(3.9)

Отметим, что замкнутая система (3.7), (3.9) имеет те же заданные показатели качества.

**3.2.3. Модальная редукция**. Наиболее быстро затухающей модой рассматриваемой системы (2.1), (2.2), очевидно, является мода , соответствующая корню . Остальным корням характеристического полинома этой системы соответствуют «доминирующие (сравнительно медленно затухающая  и возрастающая ) моды». Для краткости, «быстро затухающие моды» далее будем называть «быстрыми модами», а остальные «доминирующими модами».

В соответствии с методом спектральной декомпозиции проводится замена в уравнениях (2.1), (2.2) вектора  по формуле:  так, чтобы новый вектор  состоял из двух компонент: быстрой – и доминирующей – [1, 10].

В рассматриваемом случае быстрая компонента  должна зависеть только от корня , т.е. только от быстрой моды , а доминирующая компонента  – от остальных корней характеристического полинома, т.е. от остальных мод системы.

Для этой цели можно воспользоваться линейным преобразованием , где матрица – обратная к  имеет вид:

. (3.10)

Подвергая вектор состояния системы (2.1), (2.2) преобразованию , получим уравнения относительно переменных , . Для удобства дальнейшего рассмотрения запишем их в скалярной форме:

 (3.11)

Для проведения модальной редукции модели (3.11) быстрая компонента  в уравнениях доминирующих компонент  заменяется её установившимся значением , при котором . При этом условии из первого уравнения (3.11) вытекает равенство . Полагая в остальных уравнениях (3.11) , получим уравнения модально редуцированной модели, которые в векторно-матричной форме имеют вид:

 (3.12)

Как видно, полученная модель имеет более низкий порядок по сравнению с исходной моделью системы. ПФ модально редуцированной модели (3.12) определяется выражением:

, (3.13)

Выполняя, как и выше, процедуру синтеза замкнутой системы по ПФ (3.13) при тех же условиях, найдем уравнение устройства управления для данного случая модальной редукции:

:.(3.14)

Переходная функция модально редуцированной системы приведена на рис.3.3.

Рис. 3.3. Переходная функция модально редуцированной системы

Из графиков, приведенных на рис. 3.1 и рис. 3.3 видно, что переходная функция модально редуцированной системы довольно сильно отличается от переходной функции нередуцированной системы. В особенности это относится к началу этих графиков.

* 1. **Синтез нередуцированной системы управления**

В случае передаточной функции (2.3) , ,, поэтому из условий разрешимости уравнения (3.4) и указанных условий физической реализуемости следует [15, 7], что ,. По значениям ,  и % из таблицы СПФ [14, с. 346] находим: , , , , , , %, с. Это позволяет найти коэффициенты полинома  по формуле , где . В данном случае с некоторым запасом примем , тогда,, , , ,, а система алгебраических уравнений, соответствующая уравнению (3.4), здесь имеет вид:

 (\*\*\*)

её решение определяет полиномы , . Поэтому полиномы , , а уравнение устройства управления (3.2), в случае нередуцированной модели имеет вид:

:. (3.14)

Переходная функции исходной системы приведена на рис.3.4.

 (\*\*\*\*)

Рис.3.4 Переходная функция нередуцированной системы

Из графика, приведенного на рис. 3.4 следует, что замкнутая система отвечает заданным показателям качества: порядок астатизма ; время регулирования не более с; перегулирование не более .

Приведенные переходные функции (рис. 3.2 **–** 3.4) синтезированных систем свидетельствуют, что качество переходных процессов при расчетных значениях параметров удовлетворяет поставленным требованиям. Выделение бензина из смеси происходит с достаточной степенью точности, характер процесса управления апериодический, система асимптотически устойчива.

1. **МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Для проведения исследования разработаны две программы в среде MATLAB [12].За основу технологического процесса дистилляции нефти взята исходная математическая модель (2.1) – (2.3), редуцированная тремя методами редукции: временная редукция (ВР), балансная редукция (БР) и модальная редукция (МР) – описанных в главе 3 дипломного проекта. На основе методов, были синтезированы 3 модели динамической системы, которые описываются уравнениями (3.6) – ВР – модель 1, (3.9)– БР – модель 2 и (3.15)– МР –модель 3.

С помощью первой программы, блок – схема которой показана на рис. 4.1, осуществляется исследование робастной устойчивости замкнутых систем при *Т* = 0 для каждой редукции, а также для исходной математической модели:

, (4.1)

, (4.2), (4.3)

. (4.4)

Устройство управления (4.1) – (4.4) описывается уравнениями (4.5) – (4.8):

, (4.5)

, (4.6)

, (4.7)

. (4.8)

Процесс исследования заключается в следующем.

После ввода в блоке 1 коэффициентов полиномов моделей технологического процесса дистилляции и соответствующего УУ, например, уравнений исходной математической модели(4.1) и (4.5).

Рис.4.1 – Блок-схема программы нахождения критических отклонений при *Т=*0

В блоке 2 выполняются операции умножения *A*(*p*)*\*R*(*p*)*=D*1и*B*(*p*)*\*L*(*p*)*=D*2*.* Так как степени полиномов *D*1 и *D*2 в данном случае не отличаются, то следующий блок 3 пропускается, который уравнивает порядок *D*1 и *D*2. Это осуществляется путем добавления нулей в качестве старших коэффициентов полинома меньшего порядка. Число добавляемых нулей, равно разности степеней полиномов *D*1 и *D*2.

В блоке 4 вводится заданная относительная погрешность коэффициентов полиномов модели. В данном случае она принимается одинаковой для всех коэффициентов, т.е. в выражении (2.23) , 

 Далее в блоке 5 рассчитываются по (2.23) верхние и нижние интервалы коэффициентов полиномов введенной системы и определяется интервальный характеристический полином замкнутой системы.

Исследование робастной устойчивости осуществляется следующим образом.

В блоке 6 при некотором малом значении ε проверяется робастная устойчивость замкнутой системы по критерию В.Л. Харитонова [3]. Если замкнутая система оказывается робастно устойчивой, то значение ε увеличивается и процедура повторяется. Если же замкнутая система оказывается робастно неустойчивой, то значение уменьшается, и процедура повторяется. Этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет найдено (с некоторой точностью) значение *,* соответствующее границе робастной устойчивости исследуемой системы при *Т* = 0.

В блоке 7 выводится на печать найденное критическое значение относительной погрешности, при котором динамическая система (4.1) – (4.5) теряет робастную устойчивость.

Для редуцированных моделей (4.2) – (4.6), (4.3) – (4.7) и(4.4) – (4.8) процесс исследования робастной устойчивости выполняется полностью, применяя все блоки программы (рис.4.1)

Исследование влияния постоянной *Т* на робастную устойчивость редуцированных систем проводится с помощью программы, блок-схема которой показана на рис. 4.2. Эта блок-схема аналогична предыдущей, за исключением блока 3, в котором выполняется умножение полинома *A*(*p*)*\*R*(*p*)на двучлен *Tp+1*.

Рис.4.2 – Блок-схема алгоритма построения границ робастной устойчивости при *Т ≠* 0*.*

В процессе исследования, здесь определяется график зависимости от значений постоянной времени *Т* отклонений коэффициентов модели процесса, критических по условию робастной устойчивости замкнутой системы автоматизации. С этой целью значению *Т* придается некоторое значение  и описанная выше процедура исследования робастной устойчивости повторяется до получения значения.

Затем определяются значения  при других значениях , Значения увеличиваются до тех пор, пока система не окажется на границе устойчивости уже при расчетных значениях параметров математической модели автоматизируемого процесса.

Аналогично проводится исследование робастной устойчивости замкнутых систем и для моделей (4.2)– (4.6), (4.3)– (4.7),(4.4)– (4.8).

На основе данных, полученных с помощью обеих программ, построены графики, приведенные на рис. 4.3, где модель 1 – ВР, модель 2 – БР, модель 3 – МР, а также исходная математическая модель.

Рис.4.3. Границы робастной устойчивости систем автоматизации

Графики, приведенные на рис. 4.3, показывают зависимость отклонений коэффициентов математических моделей технологического процесса дистилляции, критических по условию робастной устойчивости соответствующих систем автоматизации, от значений малой постоянной времени *Т*, неучтенной при их синтезе. Полученные графики свидетельствуют о необходимости учета влияния неучтенных при синтезе малых постоянных времени на устойчивость систем автоматизации, так как значение этих постоянных довольно сильно влияет на робастную устойчивость редуцированных систем.

На основе графика, приведенного на рис. 4.3 также можно заключить что, все методы редукции применимы лишь при очень малой длительности отсекаемой динамики. В рассмотренных выше случаях отсеченная динамика незначительно уменьшала робастную устойчивость редуцированных систем, если её длительность примерно на порядок меньше доминирующей динамики.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Допустимые по робастной устойчивости отклонения  параметров технологических процессов и объектов управления могут служить «оценкой степени робастной устойчивости» как редуцированных, так и не редуцированных синтезируемых систем.

2. Чем больше длительность «быстрой динамики», отсеченной при синтезе замкнутых систем, тем меньше степень робастной устойчивости редуцированных систем.

3. Метод модальной редукции является неоднозначным и может приводить к редуцированным системам, как с большей, так и с меньшей степенью робастной устойчивости, по сравнению с временной редукцией.

4. Метод балансной редукции приводит к редуцированным системам с наименьшей степенью робастной устойчивости по сравнению с другими методами редукции.

5. Существует оптимальная модальная редукция линейных динамических управляемых систем, при которой степень робастной устойчивости замкнутых редуцированных систем является наибольшей.

1. **выбор технических средств**

Для реализации полученного закона управления необходимо выбрать технические средства, такие как датчики, для измерения и преобразования различных величин, микроконтроллер для расчета численных значений управляющего воздействия.

*Датчик*– это элемент измерительного, сигнального, регулирующего или управляющего устройства, преобразующего контролируемую величину в сигнал, удобный для измерения, передачи, хранения, обработки, регистрации, а иногда и для воздействия им на управляемые процессы. Или проще, датчик – это устройство, преобразующее входное воздействие любой физической величины в сигнал, удобный для дальнейшего использования.

Различают два класса датчиков:

– аналоговые датчики, т.е. датчики, вырабатывающие аналоговый сигнал, пропорционально изменению входной величины;

– цифровые датчики, генерирующие последовательность импульсов или двоичное слово.

Требования, предъявляемые к датчикам:

– однозначная зависимость выходной величины от входной;

– стабильность характеристик во времени;

– высокая чувствительность;

– малые размеры и масса;

– отсутствие обратного воздействия на контролируемый процесс и на контролируемый параметр;

– работа при различных условиях эксплуатации;

– различные варианты монтажа.

Датчик давления КОРУНД– ДД– 105 до 4 МПа. Датчики устойчивы к воздействию температуры окружающего воздуха в диапазоне рабочих температур от -40°С до +80°С. Датчики выдерживают кратковременное (импульсное, скачкообразное с последующим спадом до рабочих условий) воздействие температуры контролируемой среды в пределах от -60°С до +125°С. При этом погрешность датчика за пределами диапазона рабочих температур не нормируется. Датчики, в зависимости от заказа, могут поставляться для работы во взрывоопасных и взрывобезопасных условиях Датчик с выходным сигналом 4– 20 мА Пределы допускаемой основной погрешности датчиков, выраженные в процентах от диапазона изменения выходного сигнала, равны ±0,15; ±0,25; ±0,5; ±1,0 %

Вариация выходного сигнала датчика не превышает 0,05%. Зона нечувствительности датчика не превышает 0,1% от диапазона измерений. Напряжение питания датчиков Uпит=24 В. Схема внешних электрических соединений датчиков приведена на рис.5.1.

Рис.5.1 Схема внешних электрических соединений датчиков.

В качестве датчика температуры возьмем термопреобразователь ТСПУ Метран – 276, который приведен на рис. 5.2.



Рис. 5.2 Датчик температуры

Технические характеристики термопреобразователя приведены в таблице5.1.

Таблица 5.1. Технические характеристики термопреобразователя

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип и использование термопреобразователя | НСХ | Выходной сигнал,мА | Диапазон преобразуемых температур, $\_{}^{0}С$ | Предел допустимой основной приведенной погрешности$\pm γ$, № | Зависимость выходного сигнала от температуры |
| TXAY Метран-271 | К | 4-20 | -40…600,0…600, 0…800,0…900, 400…900,0…100 | 0,5;1,0 | линейная |
| TXAY Метран-271-Exia | 0…600, 0…800 |
| TXAY Метран-271-Exd |
| TXAY Метран-274 | 1000м | 0-5,4-20 | -50…100,-50…150 ,-50…50,0…50, 0…100, 0…150, 0…180 | 0,25;0,5 | линейная |
| TXAY Метран-274-Exia | 4-20 |
| TXAY Метран-274-Exd |
| TXAY Метран-276 | 10000П | 0-5,4-20 | -50…100,-50…150 ,-50…50, 0…100, 0…200, 0…300, 0…400, .500 | 0,25;0,5 | линейная |
| TXAY Метран-276-Exia | 4-20 |
| TXAY Метран-276-Exd |

Напряжение питания 24 В постоянного напряжения. Схема подключение приведена на рис. 5.3, Rн-сопротивление нагрузки $100<Rн<1000$ Ом, G–источник питания. Выходной сигнал 4-2 мА.

Рис. 5.3 Схема подключения термопреобразователя

Перейдем к выбору преобразователядля измерения расхода жидкости. В качестве датчика в работе используется кориолисовый расходомер Метран–360–R100F, внешний вид которого приведен на рис. 5.4. Измеряемая среда – газы и жидкости, эмульсии и суспензии, а также нефть и т.д. Параметры измеряемой среды:

– температура -40…125℃;

– рабочее избыточное давление в трубопроводе до 30 Мпа;

– пределы основной относительной погрешности измерений массового и объемного расходов жидкостей ±0,5%.



Рис. 5.4 Кориолисовый расходомер Метран – 360 - R100F

Основные преимущества:

– высокая точность измерения параметров в течение длительного времени;

– возможность работы вне зависимости от направления потока;

– отсутствие прямолинейных участков трубопровода до и после расходомера;

– надежность работы при наличии вибрации трубопровода, при изменении температуры и давлении рабочей среды;

– длительный срок службы и простота обслуживания благодаря отсутствию движущихся и изнашивающихся частей.
Основные технические характеристики приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2. Технические характеристики Метрана – 360– R100F

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Модель датчика | Ду,мм | Расход жидкости | Пределы относительной погрешности, % с преобразователями типа |
| Массовый, кг/ч | Объемный, л/ч | 1700,2700 | IFT9703 |
| Fmin | Fmax | Qmin | Qmax | $\pm $0,5 | $\pm ${0,5[(нестабильность нуля/значение расхода)\*100] |
| R025S, R025P | 15 | 3 | 1360 | 3 | 1360 |
| R025F | 15 | 3 | 1034 | 3 | 1034 |
| R050S | 15 | 8 | 4080 | 8 | 4080 |
| R050F | 15 | 8 | 2450 | 8 | 2450 |
| R100S | 25 | 33 | 16325 | 33 | 16325 |
| R100F | 25 | 33 | 11161 | 33 | 11161 |
| R200S | 50 | 87 | 43550 | 87 | 43550 |
| R200F | 50 | 87 | 31980 | 87 | 31980 |

На выходе у расходомера формируется унифицированный токовый сигнал 4…20 мА. В качестве источника питания используется стабилизатор постоянного напряжения 24. Электрическая схема подключения расходомера приведена на рис. 5.5.

Рис. 5.5 Электрическая схема подключения Метран – 360 – R100F

Перейдем к выбору датчика давления. Исходя из заданного диапазона измерения и требуемой точности, выбран датчик разности давления Метран– 100– ДД, внешний которого приведен на рис. 5.6.



Рис. 5.6 Измерительный датчик давления Метран– 100 – ДД

Технические характеристики:

– Измеряемые среды: жидкость;

– Диапазон измерения давления: от 4 до 250 кПа;

– Основная приведенная погрешность измерения до ±0,1%;

– Диапазон перенастроек пределов измерений до 25:1;

– Исполнения: обыкновенное и взрывозащещенное;

– Межповерочный интервал – 3 года;

– Гарантируемый срок эксплуатации – 3 года;

Для измерения уровня в резервуаре используется датчик гидростатического давления, схема подключения которого к ректору приведена на рис. 5.7.



Рис. 5.7 Датчик гидростатического давления

Давление столба жидкости определяется таким факторами, как уровень жидкости от объёма резервуара и его формы и определяется по формуле:

 (5.1)

Рассматриваемый датчик питается от 24 В постоянного напряжения. На выходе токовый сигнал 4…20 мА. Электрическая схема его подключения приведена на рис. 5.8.



Рис. 5.8 Электрическая схема подключения датчика гидростатического давления

Для отображения температуры и давления в реакторе используется автономный цифровой индикатор Метран – 620. На его входы подаются выходные сигналы датчиков, с унифицированным выходом сигналом 4-20 мА, установленных на ректоре. Функциональная схема этого индикатора приведена на рис. 5.9, в котором токовая петля 4-20 мА.

Рис. 5.9 Автономный цифровой индикатор Метран – 620

Основные технические характеристики:

– питание индикатора осуществляется от токовой петли датчика, напряжение питания не превышает 4 В;

– относительная погрешность индикации текущего значения измеряемой величины ±0,5%;

– масса не более 0,2 кг;

Для питания регулятора химического реактора выбран блок питания фирмы JUMOTN-22. Внешний вид этого блока показан на рис.5.10.



Рис.5.10 Блок питания

Питается от сети 220 В переменного напряжения. На выходе 24 В постоянного напряжения.

Для питания датчиков выбран блок питания Метран – 602, внешний вид которого приведен на рис. 5.11.



Рис. 5.11 Блок питания Метран – 602

Блок питания Метран-602 предназначен для преобразования сетевого напряжения 220 В в стабилизированное напряжение 24 В и питания датчиков с унифицированным выходным токовым сигналом. Блок питания состоит из сетевого трансформатора и двух независимых каналов, каждый из которых имеет стабилизатор, схему электронной защиты. Схема электронной защиты предназначена для защиты питания от перегрузок и коротких замыкания в нагрузке. Блок питания автоматически выходит на рабочий режим после устранения замыкания в нагрузке.

Для реализации управления применяется микроконтроллер, схема которого показана на рис. 5.12.



Рис. 5.12. Схема микроконтроллера

1. **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВКР**

Заданием данной выпускной квалификационной работы является разработка программного продукта, который бы исследовал робастную устойчивость динамических систем и улучшения её с целью выгоды.

Во многих современных технических ВУЗах большое внимание уделяется теории автоматического управления, а также исследованию робастности, но созданного конечного программного продукта на рынке нет, поэтому данная разработка имеет большую актуальность в век информационных технологий.

 В квалификационной работе был разработан процесс автоматизации дистилляции нефти. Исследования показали как влияет малая постоянная времени *T,* не учтенную ранее при синтезе, на робастную устойчивость системы.

Затраты на техническую подготовку производства, включают в себя: заработную плату разработчиков, состоящую из основной, дополнительной заработных плат и начислений, материальные затраты и накладные расходы.

Затраты на техническую подготовку производства (Зпс) рассчитываем по известной формуле:

*Зпс = М+Пок+Зо+Зд+Зс.нуж+Рпр+Рн+Камор*(руб.), (6.1)

*М* – стоимость использованных материалов; *Пок* – стоимость покупных коплектующих (руб.); *Зо* – основная заработная плата разработчиков ПС (руб.); *Зд* – дополнительная заработная плата разработчиков ПС (руб.);  – отчисления на социальные нужды (руб.); *Рпр* – прочие прямые расходы (руб.); *Рн* – накладные расходы (руб.); *Камор* – коэффициент амортизации (руб).

* 1. **Расчет себестоимости используемых материалов**

Для определения экономического эффекта от внедрения новой разработки необходимо знать ее себестоимость. Себестоимость – один из важнейших показателей, отражающих степень использования материальных и трудовых затрат, уровень организации производства, состояние техники и технологий, качество продукции [21], [22]**.** Расчет себестоимости используемых материалов представлен в таблице 6.1

Таблица 6.1- Расчет себестоимости используемых материалов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование материала | Цена за единицу изм. (руб) | Расход на разработку | Коэффициент, КТ | Сумма (руб) |
| Бумага для принтера А3 | 200 | 2 | 1,12 | 448  |
| Папка для бумаг | 30  | 2 | 1,12 | 67,20 |
| Итого: |  |  |  | М=515,2 |

* 1. **Расчет средств на закупку оборудования**

 В расходы на приобретение покупных комплектующих необходимо включить стоимость необходимых для разработки, отладки и сдачи заказчику покупных изделий, таких как, магнитные носители (дискеты), сервисных программ, систем и языков программирования и т.д. Расчет стоимости комплектующих приведен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Расчет стоимости покупного оборудования

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование покупных комплектующих | Цена за ед., руб. | Расход на разработку шт. | Коэффициент, Кн | Сумма, руб |
| USB-накопитель 1 Гб | 250 | 1 | 1,15 | 287,5 |
| MS Office | 2000 | 1 | 1,15 | 2300 |
| Windows 2010 | 2590 | 1 | 1,15 | 2978,5 |
| Ноутбук ASUS | 20000 | 1 | 1,5 | 30000 |
| ИТОГО: |  |  |  | *Пок*=35566 |

Коэффициент амортизации рассчитываем по формуле:

Камор=(Ц(сумма)\*20%)/100%, (6.2)

где Ц – средства на закупку комплектующих.

Камор=35566\*0,2=7152, чтобы узнать Камор в месяц, необходимо Камор/12=596. А так как срок на создание разработки 8 месяцев, тогда 596\*8=4768. Это число необходимо прибавить к общим затратам на разработку методики.

* 1. **Расчет основной и дополнительной заработной платы**

Основная заработная плата разработчиков определяется содержанием работ, квалификацией исполнителей, трудоемкостью, тарифными ставками.

Данная выпускная квалификационная работа относится к прикладным видам исследований, так как конечным результатом исследований является разрешение конкретных научных проблем для создания новых научных изделий.

В разработке программного средства в условиях дипломного проектирования принимают участие разработчик категории: инженер-программист (дипломник).

Для определения абсолютных значений трудоемкости каждого этапа примем суммарную трудоемкость работ инженера-программиста. Для данных расчетов примем:=170 час;

Месячный оклад инженера-программиста 6100 руб. Тогда часовые ставки программиста составляют:

lпр= 6100/170 = 35,8 руб.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 6. 3.

Таблица 6.3 Расчет основной заработной платы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Название этапов работ | Квалификация | Тарифнаяставка,руб./час | Длительность этапа, час | Всего,руб. |
| Составление ТЗ | профессор | 40 | 2 | 80 |
| Анализ ТЗ, обзор научно- технической литературы, выбор и обоснование способа решения задачи | инженер | 35,8 | 10 | 350 |
| Анализ теоретических моделей | инженер | 35,8 | 10 | 350 |
| Программированиепроекта | инженер | 35,8 | 100 | 3580 |
| Оформление пояснительной записки | инженер | 35,8 | 32 | 1145,6 |
| ИТОГО: | 154 | *Зосн*=5505,6 |

Рассчитаем сумму дополнительной заработной платы из расчета 10 % от основной заработной платы, получим:

.

Отчисления на социальные нужды 30 % от суммы основной и дополнительной заработных плат:

.

Расчет прочих прямых расходов. К прочим прямым расходам, понесенным разработчиком, следует отнести:

– затраты на приобретение специальной литературы, а именно книги "MATLAB 12 справочное пособие стоимостью 450 руб.;

– затраты на оплату времени работы в Интернет, равные 300 рублям за месяц безлимитного подключения.

Всего прочие прямые расходы составили  руб.

* 1. **Расчёт накладных расходов**

Накладные расходы рассчитываются по формуле:

 руб. (6.3)

 Все расчеты затрат на разработку сведены в таблицу 6.4

Таблица 6.4 – Общие расчеты разработку проекта

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование статьи расходов | Сумма, руб. |
| Материалы | 515,2 |
| Покупные комплектующие  | 35566 |
| Камортизации за 8 месяцев | 4768 |
| Основная заработная плата разработчиков данной разработки | 5505,6 |
| Дополнительная заработная плата разработчиков данной разработки | 550,65 |
| Отчисления на социальные нужды | 1816,848 |
| Прочие прямые расходы | 750 |
| Накладные расходы  | 3578,64 |
| ИТОГО: | Зпс=48282,9 |

* 1. **Оценка экономического эффекта**

Упрощённо эффективность внедрения новых информационных технологий может быть определена как экономия эксплуатационных расходов. Годовую экономию рассчитаем по формуле:

Эг=Р1-Р2, (6.4)

где Р1 и Р2 – соответственно эксплуатационные расходы до и после внедрения.

В рамках данного дипломного проекта Р1=500000 руб, Р2=150000 руб. Тогда Эг=350000 руб.

Ожидаемую эффективность рассчитываем по формуле:

Эо=Эг-Ен\*Кп, (6.5)

где Кп – капитальные затраты на производство; Ен – нормативный коэффициент, определяется как: 0,15.

Тогда ожидаемая эффективность составит:

Эо=350000-0,15\*48282,9=342757,6

Величина капитальных вложений может складываться из стоимости самой информационной системы, приобретаемых компьютеров, сетевого оборудования и других устройств, программных продуктов или лицензией на их использование, затрат на установку, внедрение, адаптацию, изучение и сопровождение программных комплексов, оценки потерь ввиду кадров и т.д, а также всех текущих затрат.

1. **БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ВКР**

**7.1. Описание и назначение разработки**

Основным назначением разрабатываемой методики является изучение влияние различных методов редукции математических моделей динамических процессов и объектов на робастную устойчивость замкнутых систем, синтезированных на основе редуцированных моделей. В работе был разработан процесс автоматизации дистилляции нефти. Выявлено влияние малой постоянной времени *T,* не учтенную ранее при синтезе, на робастную устойчивость системы. На основе полученных результатов можно заключить, что системы автоматизации, синтезированные на основе моделей, редуцированных различными методами, имеют разные запасы устойчивости.

**7.2. Идентификация потенциальных, вредных и опасных факторов, тяжести и напряженности трудового процесса**

Таблица 7.1 Анализ опасных и вредных факторов. Показатели тяжести и напряженности разработчика

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Фактическое значение | Нормативное значение | Класс условий труда |
| 1.1. Физические факторы |
| 1.1.1. Температура воздуха |  |
| Холодный период года | 23 °С | 22-24 °С | Iа |
| Теплый период года | 23 °С | 23-25 °С | Iа |
| 1.1.2. Относительная влажность воздуха | 45 % | 40-60 % | Iа |
| 1.3. Виброакустические факторы |
| 1.31. Шум | 30 | 31,5 | 1 |
| 1.4. Световая среда |
| 1.4.1. Освещенность рабочей поверхности при искусственном освещении | 295 | 300 | 1 |
| 1.5. Неионизирующие излучения |
| 1.5.1. Переменное электромагнитное поле (промышленная частота 50 ГЦ) | 3.5 кВ/м | 5 кВ/м | 2 |
| 4. Тяжесть трудового процесса |
| 4.3. Стереотипные рабочие движения | 156000 | более 56000 | 3.2 |
| 4.5. Рабочая поза | Свободная, удобная поза, возможность смены рабочего положения тела. Нахождение в позе стоя до 40 % времени смены. | Свободная, удобная поза, возможность смены рабочего положения тела. Нахождение в позе стоя до 40 % времени смены. | 1 |
| 5. Напряженность трудового процесса |
| 5.1. Длительность сосредоточенного наблюдения | 50 | 26 – 50 | 2 |
| 5.2. Плотность сигналов (световых, звуковых) и сооб-щений в единицу времени | 170 | 76 – 175 | 2 |
| 5.3. Число производственных объектов одновременного наблюдения | 8 | 6 – 10 | 2 |
| 5.4. Нагрузка на слуховой анализатор | Разборчивость слов и сигналов от 100 до 90 %. Помехи отсутствуют | Разборчивость слов и сигналов от 100 до 90 %. Помехи отсутствуют | 1 |
| 5.5. Активное наблюдение за ходом производственного процесса | 21 | 20 и более | 1 |
| 5.7. Нагрузка на голосовой аппарат | 10 | до 16 | 1 |
| Окончательная оценка напряженности труда: |
| Напряженность труда легкой степени | 9 |
| Напряженность труда средней степени | 4 |
| Напряженный труд 1 степени (3.1) | 0 |
| Напряженный труд 2 степени (3.2) | 1 |
| Окончательная оценка напряженности труда | *«Допустимый» (2 класс)* |

**7.3. Меры по улучшению условий труда**

Персонал для работы готовится специально. К работе допускаются лица, достигшие 18-летнего возраста, прошедшие специальную подготовку.

Для безопасности работы электрооборудования осуществляются организационные мероприятия. Организационными мероприятиями являются:

- допуск рабочих, квалификационная группа которых не ниже 3;

- инструктаж по технике безопасности;

- оформление перерывов в работе, переводов на другое рабочее место, окончания работы.

Гигиенические мероприятия. После окончания рабочего дня проводится влажная уборка помещения. На рабочих местах большое значение отводится созданию комфортных условий труда, которые обеспечиваются параметрами микроклимата и степенью запыленности воздуха.

Организационно-технические мероприятия.Для уменьшения статико-динамической нагрузки необходимо ввести следующие меры:

– в помещении для работника иметь кресло с подлокотниками;

– через каждый час работы проводить гимнастику (3-5 минут);

– после каждого часа работы делать десятиминутный перерыв;

**–** ввести частые 3-х, 4-х минутные перерывы так, чтобы время отдыха составляло 25 % от общего времени работы за рабочим местом.

В целях снижения напряженности и снижения интеллектуальной нагрузки необходимо ввести следующие меры:

**–** ввести прослушивание музыки и просмотр развлекающих видеороликов для снижения интеллектуальной нагрузки и улучшения режимов труда и отдыха;

**–** качественные отладка и настройка системы контроля климата и ее активное применение для снижения степени ответственности за результат деятельности оператора;

**–** разработать план действий, инструкцию для работника.

В качестве источников света при искусственном освещении применялись люминесцентные лампы типа ЛБ. Коэффициент пульсаций не должен превышать 5%. Эта величина коэффициента достигается тем, что в освещении каждой точки рабочей поверхности участвуют осветительные лампы, присоединенные к различным фазам трехфазной сети.

Уменьшение слепящего воздействия достигается: увеличением высоты установки светильников, уменьшением яркости светильников, путем закрытия источников света светорассеивающими стеклами. Мерой защиты от прямой блесткости служат защитный угол, рассеиватели из прозрачного стекла. Отраженная блескость устраняется таким расположением светильников, чтобы отраженные поверхностью лучи не попадали в глаза, т.е. создать боковое или заднебоковое освещение.

Кроме вышеописанных рекомендаций, важным фактором профилактики зрительных заболеваний является правильный выбор видеоадаптера и монитора.

Помещение имеет естественное и искусственное освещение.

С целью снижения напряженности труда по критерию восприятия и оценки сигналов, необходимо установить стандарты, которые определяют оформление инструкций для оператора. Они бы исключили нагрузку по переводу значений из одного масштаба в другой.

Таким образом, все критерии напряженности труда, при принятии соответствующих мер могут быть снижены до класса первого, что соответствует допустимым условиям труда [20].

. Технические мероприятия.Для того чтобы предотвратить поражения электрическим током необходимо применение защитного заземления до 4 Ом.

В электроустановках напряжением до 1000 В. в сети, с изолированной нейтралью, сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 4 Ом. По периметру здания проходит общая шина заземления, к ней подключены все корпуса приборов. Так же для защиты от поражения электрическим током помещение оборудовано устройством защитного отключения от сети.

Анализ причин возможных отказов системы управления.



**7.4. Пожарная безопасность**

 Источниками зажигания в помещении могут оказаться электронные схемы, устройства электропитания, кондиционирования, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорание горючих материалов.

 Надёжная работа отдельных элементов и электронных схем в целом обеспечивается только в определённых интервалах температуры, влажности и при заданных электрических параметрах.

 Помещение оператора ПК имеет II степень огнестойкости - несгораемые; при возгорании предметов внутри здания, оно охватывается огнём не ранее, чем через 3-4 часа. Помещение, в котором работает оператор, по взрыво и пожароопасности относится к категории В3\*(НПБ 105-03, СниП 21-07-97\*), так как присутствуют трудногорючие и горючие материалы, которые могут гореть при взаимодействии с кислородом: пластмасса, проводка, дерево, ткани. В лаборатории имеется огнетушители углекислотныйи ОУ-5, ОП 2(3) и установка пожарной сигнализации АПС с дымовым извещателем ИПД-3.1М7.4.

**7.5. Защита окружающей природной среды**

 ПК сегодня поддерживают многие стандарты, предписывающие уменьшение негативных воздействий на окружающую среду. Таковы, например, стандарт сокращения энергопотребления EnergyStar или серия стандартов для мониторов ТСО.

 Применение современных стандартов сокращения энергопотребления в совокупности с уменьшением времени использования электрических приборов ведут к значительному сбережению энергоресурсов, а значит и к снижению потребления природных ресурсов, а также вредного воздействия на окружающую среду, возникающего при производстве электроэнергии.

**Заключение**

В выпускной квалификационной работе проведен анализ свойства робастной устойчивости редуцированных систем управления. Большинство методов редукции динамических систем состоят в отсечении быстрой динамики управляемых систем в процессе синтеза. Проведенное исследование свидетельствует о существенном влиянии отсеченной при синтезе динамики на робастную устойчивость замкнутых динамических систем, уменьшая её. Различные методы редукции, как правило, приводят к различным характеристикам робастности результирующих систем. Практически, все методы редукции применимы лишь при очень малой длительности отсекаемой динамики.

С использованием полученных результатов синтезирована система автоматического управления химического реактора-дистилляционной колонны. При этом используется метод аналитического синтеза систем с правлением по выходу и воздействиям. Проведено моделирование синтезированной системы с помощью пакета программ MatLab 12. Разработанная система управления удовлетворяет требованиям технического задания, т.е. она является асимптотически устойчивой, характер процесса управления апериодический, и разделение исходной бензино-толуоловой смеси на фракции происходит с достаточной степенью эффективности.

В работе проведено технико-экономическое обоснование проекта. Показано, что применение редуцированных систем существенно снижают расходы на закупки используемых материалов и оборудования.

Рассмотрены вопросы безопасности и экологичности проекта, проанализированы потенциально вредные и опасные факторы, напряженность трудового процесса; разработаны меры по улучшению условий труда; рассмотрены вопросы пожарной безопасности в лаборатории, а также вопросы защиты окружающей природной среды.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Тютиков В. В., Таpаpыкин С. В. Робастное модальное управление технологическими объектами. Иваново: Изд-во ИГЭУ, 2006. 256 с.
2. Гайдук А.Р. Синтез систем управления при слабо обусловленной полноте объектов // Автоматика и телемеханика. 1997. № 4. С. 133-144.
3. Харитонов, В.Л. Асимптотическая устойчивость семейства систем линейных дифференциальных уравнений/ В.Л. Харитонов// Дифференц. уравнения. - 1978. - Т. 1. - №11.
4. Гайдук А.Р. Теория автоматического управления: Учебник. М.: Высшая школа, 2010.
5. Филимонов А.Б., Филимонов Н.Б. Концепция модальной редукции моделей динамических систем // Мехатроника, автоматизация, управление. № 12. 2013. С. 2-8.
6. Гайдук А.Р. Теория и методы аналитического синтеза систем автоматического управления (Полиномиальный подход). – М.: Физматлит, 2012.
7. Никульчев Е.В., Мотиенко Т.А. Задачи анализа и синтеза систем автоматического управления в MATLAB. Учеб. пособие. М.: Изд-во МТИ, 2014.

11. Лазарев Ю.И. Моделирование процессов и систем в MATLAB. СПб: Питер, 2005.

12. Рабинович Г.Г. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки. М: Химия, 1979.

15.Гайдук А.Р., Плаксиенко Е.А. Синтез динамических систем по требуемым показателям качества // Мехатроника, автоматизация, управление. № 4. 2008. С.7-12.

16. Гайдук А.Р., Беляев В.Е., Пьявченко Т.А. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB. СПб.: «Лань», 2011.

17. Методы классической современной теории автоматического управления: Учебник. /Под ред. Н.Д. Егупова. В 3-х т. М.: Изд-во МГТУ, 2000.

18. Гайдук А.Р. Непрерывные и дискретные динамические системы. М.: «Учлитвуз», 2004.

20. Бакаева Т. Н. Безопасность жизнедеятельности. Часть II: Безопасность в условиях производства: Учеб. пособие. Таганрог: ТРТУ, 1997г.

21. Системы противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования СП 5.13130.2009.

22. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасностиСП 12.13130.2009.

23. БрусницинЮ.В. Методические указания по выполнению курсовых и дипломных проектов на тему «Экономическое обоснование инженерных разработок». Таганрог: Изд-во ТРТУ. 1993.

24. Тычинский А. В. Методические указания по выполнению технико-экономического обоснования разработок квалификационных работ. Маркетинговый подход. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005.

27. Гайдук А.Р., Бесклубова К.В. Исследование влияния структурных возмущений на устойчивость динамических систем. Наука и образование на рубеже тысячелетий. Сборник научно-исследовательских работ. Выпуск 1. Кисловодск: Изд-во КГТИ, 2014. С. 42-49. ISBN 978-5-904519-39-1.

31. Балберин В.В. Сбалансированные модели скалярных систем // Электронное моделирование. Том 10. 1988. № 5. С. 6-10.