МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Санкт-Петербургский государственный электротехнический

университет “ЛЭТИ” им. В.И. Ульянова (Ленина)»

*На правах рукописи*

Сердитов Юрий Николаевич

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЯЕМЫХ ПРОЦЕССОВ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ РЕКТИФИКАЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Специальность: 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук,

профессор Душин С.Е.

Санкт-Петербург – 2021

# ОГЛАВЛЕНИЕ

[ОГЛАВЛЕНИЕ 2](#_Toc76232673)

[**ВВЕДЕНИЕ** 3](#_Toc76232674)

[**ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ** 7](#_Toc76232675)

[**2 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ** 14](#_Toc76232676)

[**ЗАКЛЮЧЕНИЕ** 15](#_Toc76232677)

[**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ** 16](#_Toc76232678)

[**ПРИЛОЖЕНИЕ** 18](#_Toc76232679)

# **ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность работы.** Природный газ, поступающий из скважин, содержит углеводородный конденсат, пары воды и механические примеси, которые при транспортировке газа могут приводить к износу трубопроводов. В целях недопущения износа трубопроводов, а также образования гидратов, приводящих к снижению пропускной способности, в процессе подготовки природного газа к транспортировке производится его принудительная осушка, например, на основе процесса абсорбции. Часто на газовых месторождениях в качестве абсорбента применяется диэтиленгликоль (ДЭГ), который многократно используется в комплексе технологических систем «Абсорбция – Десорбция». Поэтому процесс регенерации насыщенного ДЭГа, т. е. восстановление его до рабочих кондиций, представляет собой **актуальную** задачу.

Для эффективного (оптимального) управления процессами регенерации необходима математическая модель, в полной мере отражающая тепломассообменные процессы в ректификационной колонне (РК). К настоящему времени в открытой отечественной и зарубежной литературе не удалось обнаружить адекватное описание технологических процессов в РК. Такая динамическая модель должна быть достаточной полной и характеризовать взаимовлияние тепловых и массовых процессов в РК, учитывать действия аппарата воздушного охлаждения в укрепляющей части колонны и испарителя в отгонной части колонны на обменные процессы. Помимо того, требуется учитывать влияние теплового источника, расположенного в технологическом пространстве испарителя. Наиболее близкой к требуемой является модель, предложенная С.Е. Абрамкиным в его кандидатской диссертации. Математическая модель подробно изложена в книге С.Е. Абрамкина, С.Е. Душина «Моделирование управляемых процессов абсорбционной осушки природного газа».

Адекватное описание распределенных в пространстве процессов возможно, например, с использованием системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных с обоснованным заданием граничных условий и начальных распределений величин. Имеющиеся доступные алгоритмические и программные средства не отвечают требованиям, предъявляемым к моделируемым процессам (например, работа объекта в режиме реального времени), что затрудняет управление параметрами рассматриваемых объектов. Построение адекватных математических моделей технологических процессов также актуально в связи с современным представлением о цифровых двойниках и построения киберфизических систем при переходе на цифровое производство.

В настоящее время на газовых промыслах широко используются традиционные принципы управления, основанные на ПИД-регулировании. Они хорошо себя зарекомендовали на практике, однако изменяющиеся режимы работы установки требуют их постоянного перенастраивания. Работы в таких условиях требует перехода на новые принципы управления, основанные на многорежимности, применения нелинейных корректирующих устройств (в частности, логико-динамических). В последнее время определенный практический интерес вызывает использование нейронных сетей для управления объектами, связанными с газопереработкой. Однако их возможности применения для объектов управления, представленных моделями с распределенными параметрами, до сих пор не исследована.

Работа исследуемых объектов производится в условиях неполной информации о параметрах объекта и описании внешней среды, что требует рассмотрения современных методов робастного и адаптивного управления. В частности, желательно рассмотреть возможности интервальных или интервально-распределенных методов применительно к нелинейным системам управления с пространственно-распределенными параметрами.

Таким образом **объектом исследования** научной работы являются массо- и теплообменные процессы технологического комплекса подготовки (абсорбционная осушка) природного газа к транспортировке.

**Предмет исследования** составляет разработка и исследование динамических математических и компьютерных моделей управляемых технологических процессов многокомпонентной ректификации; разработка адекватного алгоритмического и программного обеспечения.

**Цель диссертационной работы** состоит в разработке и исследовании полной математической модели управляемых тепломассообменных процессов ректификационной колонны в условиях изменения параметров и режимов работы.

Для достижения поставленной цели в диссертации решались следующие **задачи**:

1. Анализ состояния проблемы моделирования и управления процессами бинарной и многокомпонентной ректификации в технологии подготовки природного газа.

2. Анализ возможностей применения современных методов синтеза для построения систем управления технологическими процессами в ректификационных колоннах.

3. Разработка и исследование полной математической и компьютерной моделей взаимосвязанных тепломассообменных процессов в бинарной ректификационной колонне.

4. Разработка и исследование полной математической и компьютерной моделей взаимосвязанных термомассообменных процессов в многокомпонентной ректификационной колонне.

**Методы исследования.** Для получения теоретических результатов применялись методы математической физики, теории автоматического управления, численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка, методы математического моделирования. Компьютерное моделирование проводилось с использованием программных средств SimInTech и MATLAB/Simulink.

**Основные научные результаты, полученные в диссертационной работе:**

* модернизированная нелинейная динамическая математическая модель тепломассообменных процессов в отгонной части ректификационной колонны (РК);
* объединение отгонной части и укрепляющей части РК;
* наверное, нужно что-то ещё…

**Положения диссертационной работы, выносимые на защиту.**

1. Здесь получается дублировать полученные результаты?

**Степень достоверности научных результатов.** Достоверность исследований подтверждается корректным использованием математического аппарата, обоснованностью используемых ограничений и допущений, апробацией полученных материалов диссертационной работы в виде докладов на научно-технических конференциях и публикациями в периодической печати.

**Практическая ценность.** Практическая ценность полученных результатов заключается в разработанных математических моделях, позволяющих...

**Реализация результатов.** Никаких НИР не было, что тогда писать?..

**Апробация работы.** Основные положения работы докладывались и обсуждались на Всероссийской 6-й научной конференции «Управление и информационные технологии» в 2010 г., Всероссийской научно-практической интернет-конференции «Проблемы автоматизации технологических процессов добычи, транспорта и переработки нефти и газа» в 2013 г., Международных научных конференциях «Системный синтез и прикладная синергетика» в 2009, 2011 и 2013 гг., III Международной научной конференции «Проблемы управления, обработки и передачи информации (АТМ-2013)» в 2013 г., Международных научно-технических конференциях «Проблемы автоматизации и управления в технических системах» в 2011 и 2013 гг., X Международной Четаевской конференции «Аналитическая механика, устойчивость и управление» в 2012 г., а также на ежегодных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава СПбГЭТУ «ЛЭТИ» в 2007–2013 годах.

**Публикации.** Основные результаты диссертации опубликованы в двадцати печатных работах, в том числе в 2-х монографиях, семи журнальных статьях (шесть из них из перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов), одной работе депонированной в ВИНИТИ РАН, одном научно-техническом сборнике и девяти статьях в сборниках материалов международных и всероссийских научных и научно-технических конференций.

**Структура и объём работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав с выводами и заключения, списка литературы, включающего 205 наименований, 16 приложений. Основная часть работы изложена на 158 страницах машинописного текста. Работа содержит 56 рисунков и 9 таблиц.

# **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Ключевым моментом любой системы является объект исследования – ректификационная колонна, поэтому прежде чем затрагивать математические основы, необходимо изучить источники, описывающие процесс дистилляции.

Активное развитие технология дистилляции получила в период с 1450 г. до 1650 г. Это стало возможным благодаря более широкому распространению информации после изобретения печати, и большему спросу на дистиллированные продукты, такие как концентрированные спиртовые или минеральные кислоты. В этот период с данным процессом работали многие ученые, промышленники и мастера, проектируя и исследуя различные типы установки, и тем самым они способствовали более интенсивному внедрению технологии в промышленность.

В следствии увеличения количества спирта и минеральных кислот в промышленной дистилляции привело к широкому росту оборудования для дистилляции. Во Франции было начато много разработок, предназначенных для внедрения в технологический процесс на заводе по производству спирта. Жан-Эдуар Адам разработал прерывистый аппарат для фракционной перегонки, который был дополнительно разработан Исааком Бераром с частичной конденсацией. Работа Адама и Берара привела к формулировке двух следующих принципов [1]: (1) обогащение низкокипящего компонента в поднимающемся паре посредством хорошего контакта с нисходящей жидкостью и (2) обогащение пара путем частичной конденсации и рефлюкса в неподвижное. Оба этих принципа привели к тому, что в 1813 году Жан-Батист Селье-Блюменталь (1768 – 1840) запатентовал непрерывно работающую ректификационную колонну.

Верхняя часть колонны содержит поддоны с пузырьковыми крышками, а нижняя часть имеет конические металлические крышки, которые также служат для контакта с паром и жидкостью. Эта конструкция была основой, используемой для разработок во Франции в последующие 60 лет.

В 1817 году Чарльз Дерозне (1780–1846) также построил непрерывно работающую ректификационную колонну и довел ее до промышленной зрелости. В 1822 году Энтони Перье получил патент на «перегородки» в качестве конструкции подноса на заводе по производству виски, чтобы улучшить контакт между паром и жидкой фазой. Перегородки выглядят аналогично современным крышкам и вкладышам. Чуть позже, в 1830 году, Энис Коффи разработал перфорированные лотки в качестве ситовых конструкций для контакта с жидкими средами. Колонки ситовой тарелки Коффи имели расстояние 15 см и более. Сетчатая пластина была разработана главным образом для высоковязких жидкостей, но она не была успешной. Сегодня сетчатые лотки используются для предотвращения вспенивания жидкостей с низкой вязкостью.

На заре нефтяной промышленности методы переработки нефти сильно отличались от методов, которые мы используем сегодня. Такие люди, как Сэмюэль М. Кьер, использовали горизонтальные цилиндрические перегонные кубы, в которых одновременно содержалось от 5 до 6 баррелей нефти. Используя перегонные кубы, испарители очень медленно повышали температуру масла. Когда температура поднималась, они удаляли дистилляты, такие как бензин, т.к. они им были бесполезны, добывая только масло для керосиновых ламп. Со временем другие нефтяные дистилляты стали быть полезными, и процесс ректификации эволюционировал.

Первый в мире нефтеперерабатывающую установку промышленного назначения сконструировали братья Василий, Герасим и Макар Дубинины в 1821 году в Моздоке. Их изобретение применяли в качестве основного промышленного метода вплоть до 80-х годов XIX века. Нефть в такой установке нагревалась и закипала, а пары охлаждались в специальном холодильнике и собирались в приемнике. Таким образом удавалось выделить керосин – продукт, широко используемый в то время для освещения.

На территории России ректификационные колонны начали появляться в конце 60-х годов XIX века. Принципиальная схема перегонного аппарата (полной ректификационной колонны) с тех пор почти не изменилась. Их устанавливали на ликероводочных заводах, где производили спирт на экспорт. Через несколько лет на российских предприятиях начали делать «столовое вино». Данный напиток представлял собой спирт, который разводили ключевой водой.

Промышленная переработка нефти, осуществленная на специализированном заводе, также впервые появилась в России. В 1745 г. архангельский купец Фёдор Саввич Прядунов (1696–1753) наладил добычу нефти и построил «первый в мире нефтеперегонный завод на берегах Ухты близ Пустозёрска».

Существенный вклад в развитие отработки передовых методов развития нефтяной промышленности внес майор корпуса горных инженеров Николай Воскобойников (1803–1861), назначенный в начале 1834 г. директором бакинских и ширванских нефтяных промыслов. Начав с организационных мер по повышению объёмов добычи, хранения, приема и приема нефти, в середине 1834 г., с целью получения качественных продуктов для освещения, Воскобойников приступил к экспериментальной перегонке нефти с помощью придуманных им «перегоночных снарядов», использование которых позволило существенно повысить эффективность данного процесса.

Если современное производство позволяет выработать из нефти сотни различных продуктов, то до начала 70-х годов XIX в. практически единственным продуктом её переработки был керосин. По мнению некоторых зарубежных ученых, открытие способа выделения керосина принадлежало канадскому инженеру Абрахаму Геснеру, который в 1854 г. получил в США патент на этот новый осветительный материал. В России производство нефтяного керосина связано с Северным Кавказом, где недалеко от Моздока в 1823 г. братья Василий, Герасим и Макар Дубинины, имевшие опыт перегонки древесной смолы, соорудили нефтеперегонную установку, состоящую из одного перегонного куба емкостью 500 литров. Нефть нагревалась в кубе, образующиеся пары проходили через змеевиковый холодильник и, конденсируясь, стекали в ведро. Из 40 ведер нефти получалось 16 ведер керосина. Семейное нефтяное предприятие Дубиных функционировало более 20 лет и было уничтожено в результате нападения горцев имама Шамиля.

Также стоит отметить компанию «ПЕТОН», которая в 1965 году начала разработку и внедрение инновационной технологии дистилляции в Уфимском нефтяном институте на кафедре процессов и приборов (разделение нефтяных смесей в дистилляционной колонне с фазовым поперечным потоком (газ / жидкость) на насадке). Реализованный в ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» проект запуска колонны стал важным научным достижением для российской нефтепереработки. Один из проектов научно-исследовательского и конструкторского центра это компании, направленный на создание энергоэффективного процесса и повышение эффективности газожидкостных фаз в поперечном потоке, привел к крупномасштабному производству.

После изучения основного технологического процесса системы, необходимо было провести анализ литературы уже описанные математические модели.

Существует большое количество работ по расчету ректификационных колонн, в которых даются методы расчета статики, термодинамики, гидродинамики и массопередачи процесса ректификации. Подробную библиографию по этим исследованиям можно найти в работах С. А. Багатурова, В. В. Кафарова, А. И. Плановского, Н. М. Жаворонкова, О. С. Чехова, Ю. И. Дитнерского и других советских и иностранных авторов.

В работе [2] академик Н. М. Жаворонков показывает, что необходимо сосредоточить усилия на фундаментальных исследованиях гидродинамики, тепло- и массообмена при высоких давлениях, температурах и в вакууме, а также исследованиях в области интенсификации процессов с целью создания высокоинтенсивных массообменных аппаратов. В той же работе указывается необходимость расширения работ в области оптимизации и управления химическими процессами и ставит перед кибернетикой проблему помочь в разработке таких интенсивных химических процессов, которые неосуществимы при обычных условиях управления, т.е. создание процессов, работающих в режимах, близких к критическим.

В таких процессах, ректификационные колонны, являясь одним из основных элементов, находятся в особенно трудных условиях. Известно, что ректификационные колонны характеризуются большим числом критических режимов [3], возникновению которых предшествуют различные причины.

В [4] рассматриваются принципиальные вопросы оптимизации технологических режимов скважин посредством непосредственного регулирования отборов на основании программно-технического комплекса, который производит расчет оптимального режима, на основании текущих параметров добываемого флюида, фильтрационно-емкостных свойств и величины давлений.

Работы по математическому моделированию ректификационных колонн проводились многими авторами. Обычно они использовали упрощенные модели для исследования сравнительно небольших колонн и основной целью работ был анализ переходных характеристик [5, 6, 7]. Для исследования динамики ректификационных колонн в достаточно широком диапазоне ее работы и выяснения влияния термодинамики на процесс массообмена необходимо построение более полной математической модели, учитывая переменные не только жидкой, но и паровой фазы.

Так как ректификационные колонны являются трехмерными образованиями, в которых одновременно протекают процессы термодинамические и химические, то полная модель, в принципе, является системой дифференциальных уравнений в частных производных.

Однако такой подход, который, в принципе, является единственно правильным, слишком громоздок. Поэтому всегда будет ощущаться стремление избавиться от ненужной детальности в математическом описании ее работы. Такие упрощения в математической физике наблюдаются уже давно. Классический пример, так называемое, «гидравлическое приближение», когда сложное трехмерное явление заменяется более простой моделью (квази-стационарной).

Этот общий подход, когда мы модель с обыкновенными дифференциальными уравнениями рассматриваем как предельный случай полной модели в частных производных, позволяет сразу указать границы применимости этой модели, при которых она достаточно хорошо работает.

Исходя из всего вышесказанного, была выбрана для более полного изучения режимов работы ректификационных колонн, а точнее ректификационных колонн насадочного типа, модель с распределёнными параметрами, которая является частным (осредненным) случаем общих уравнений математической физики [8]. Особенность данной модели является нелинейная зависимость скорости теплового потока пара от температуры пара. Также в этой модели разделение осуществляется в ректификационной колонне путем многократного двухстороннего массообменного процесса движущихся в противотоке пара и жидкости.

В результате предварительного анализа поставленной задачи по литературным источникам было установлено, что тепло и массообменные процессы в ректификационных колоннах достаточно глубоко проработаны и раскрыты. Однако существующие математические и компьютерные модели не всегда могут быть непосредственно применены для целей управления процессами, поскольку ректификационные колонные имеют различную конструкцию и процессы в них осуществляются при различных начальных условиях.

Многие математические модели, полученные из балансовых соотношений равновесия, характеризуют лишь стационарные состояния и не отражают управление динамикой. Имеющиеся доступные алгоритмические и программные средства не отвечают требованиям, предъявляемым к моделируемым процессам (например, работа объекта в режиме реального времени), что затрудняет управление параметрами рассматриваемых объектов. Построение адекватных математических моделей технологических процессов также актуально в связи с современным представлением о цифровых двойниках и построения киберфизических систем при переходе на цифровое производство.

В настоящее время на газовых промыслах широко используются традиционные принципы управления, основанные на ПИД-регулировании. Они хорошо себя зарекомендовали на практике, однако изменяющиеся режимы работы установки требуют их постоянного перенастраивания. Работы в таких условиях требует перехода на новые принципы управления, основанные на многорежимности, применения нелинейных корректирующих устройств (в частности, логико-динамических). В последнее время определенный практический интерес вызывает использование нейронных сетей для управления объектами, связанными с газопереработкой. Однако их возможности применения для объектов управления, представленных моделями с распределенными параметрами, до сих пор не исследована.

Управление таким крупным и сложным предприятием, как современный нефтеперерабатывающий завод, немыслимо без глубокой автоматизации технологических и общезаводских цехов товарного, энергетических и др. За последние годы системы автоматического управления непрерывно совершенствуются, в частности старые пневматические и традиционные электрические системы постепенно вытесняются интеллектуальными, допускающими прогнозирование и мониторинг на большом количестве входных данных, активно применяются технологии дополненной реальности и др.

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, оценить фактические показатели при эксплуатации, реализовать подбор первоначальных настроечных коэффициентов регулирующей аппаратуры системы управления.

Простая ректификационная колонна имеет один сырьевой поток, два продуктовых потока, один теплоотвод и один теплосъем по концам аппарата. Для ректификации смеси на две фракции, обогащенные низкокипящие компоненты (НКК) и высококипящие компоненты (ВКК), в заданном количестве или с заданным содержанием в них целевых компонентов применяется технологическая схема установки с полной ректификационной колонной. В таком аппарате сырье подается в середину колонны – на тарелку питания. Дистиллят, обогащенный НКК или фракциями, отбирается сверху, а остаток, обогащенный ВКК, – из нижней части колонны. Секция колонны, расположенная выше ввода сырья, называется концентрационной или укрепляющей; секция, расположенная ниже ввода сырья, – отгонной или исчерпывающей.

Контролю подлежат следующие параметры: расходы исходной смеси, дистиллята, флегмы, кубового остатка, тепло- и хладоносителей, состав и температура конечных продуктов, температуры исходной смеси, тепло- и хладоносителя, уровень в кубе колонны, температурный профиль по всей высоте колонны, давления в верхней и нижней частях колонны, а также перепад этих давлений.

Большое значение для процесса ректификации имеет температура исходной смеси. Если смесь начинает поступать в колонну при температуре ниже температуры кипения, она должна нагреваться до этой температуры парами, идущими из нижней части колонны. Конденсация паров при этом возрастает, что нарушает весь режим процесса ректификации. Поэтому температуру исходной смеси стабилизируют изменением расхода теплоносителя, подаваемого в теплообменник, тем самым ликвидируют одно из возмущений [6].

От расхода, перегретого пара зависит скорость паров в колонне, которая, в свою очередь, определяет интенсивность и экономичность процесса. Чем больше скорость паров, тем больше слой пены и брызг и тем интенсивнее идет разделение компонентов. С другой стороны, увеличение скорости паров может привести к явлению «захлебывания» колонны, при котором восходящий поток паров начинает препятствовать стеканию жидкости по тарелкам. Следовательно, оптимальный режим работы колонны соответствует скорости паров несколько меньше, чем в начале «захлебывания». При постоянной нагрузке подачу пара можно стабилизировать. При переменной нагрузке колонны она должна изменяться соответственно изменению нагрузки.

Производственные требования к ректификационной установке сводятся, в первую очередь, к поддержанию заданного состава целевого продукта и к экономичному расходу энергоресурсов. В зависимости от технологических особенностей в качестве целевого продукта могут выступать как дистиллят, так и кубовый остаток.

Типовая функциональная схема процесса ректификации представлена на рисунке 2.1. На схеме показаны: 1 – мембранный вентиль, 2, 12 – датчики уровня, 3 – расходомер, 4 – датчик давления, 5, 7 – датчики температуры, 8 – испаритель, 9 – конденсатор, 10 – ёмкость, 11 – насос.

На схеме показаны шесть контуров регулирования:

1. Расход питающей смеси поддерживается регулятором расхода питающей смеси по схеме «до себя» посредством мембранного вентиля 1 и датчика расхода 3.

2. Давление в верхней части колонны стабилизируется посредством вентиля 1, расположенного на линии отвода охлаждающей воды, и датчика давления 4, «следящего» за полной конденсацией паров в конденсаторе.

3. Температура в верхней части колонны контролируется датчиком 5, а регулируется посредством изменения подачи флегмы в колонну мембранным вентилем.

4. Температура в кубе колонны стабилизируется посредством вентиля 1, расположенного на линии отвода охлаждающей воды, и датчика температуры 7.

5. Уровень кубового остатка в колонне регулируется посредством мембранного вентиля 1 и датчика уровня 2.

6. Контроль уровня дистиллята в промежуточной ёмкости для бесперебойной работы насоса 11 производится датчиком уровня 12, а регулирование осуществляется при помощи вентиля 1, установленного на линии отвода кубового продукта.

Такое регулирование не обеспечивает максимально возможный отбор дистиллята из установки, но при постоянном расходе флегмы облегчается стабилизация давления в колонне, и процесс можно вести с максимальной скоростью паров, т. е. в режиме, близком к «захлебыванию».

Типовые схемы автоматического регулирования режимных параметров в ректификационных установках представлены в источниках [7].

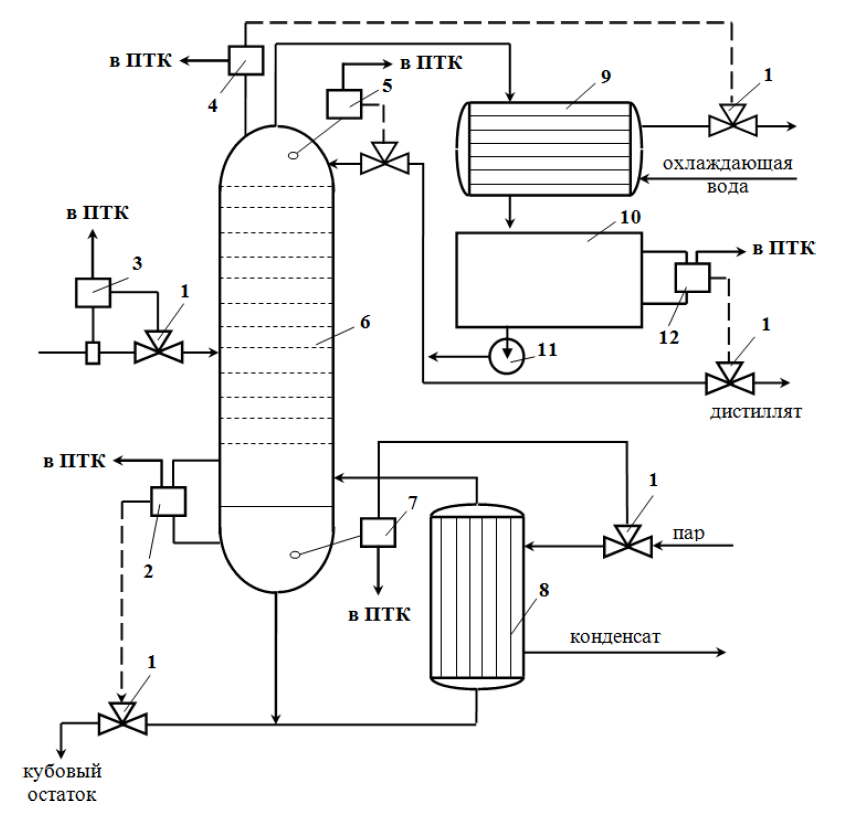


Рисунок 2.1 – Функциональная схема управления ректификационной колонной

Искусственные нейронные сети (ИНС) представляют собой математические или вычислительные модели, структуры и/или функциональные аспекты, которых подобны биологическим нейронным сетям. Они могут быть использованы для моделирования сложных отношений между входами и выходами или для поиска шаблонов. Исследование ИНС восходит к исследованию McCulloch and Pitts (1943). С тех пор ИНС широко использовались для моделирования некоторых видов человеческой деятельности во многих областях науки и техники, таких как аэрокосмическая промышленность, автомобилестроение, электроника, нефтегазовая промышленность, машиностроение и т. д. (Hagan et al., 1997).

Ключом к использованию ИНС в нефтяной инженерии является наблюдение, распознавание и определение проблем (Mohaghegh and Ameri, 1995). Первое применение ИНС в нефтяной инженерии появилось в 1993 году Джуниарди и Эршаги. За последние два десятилетия ИНС был адаптирован в различных аспектах нефтяной инженерии, таких как характеристика коллектора, разработка месторождения, двухфазное течение в трубах, идентификация моделей интерпретации испытания скважины, анализ заканчивания, прогнозирование повреждения пласта (Ramgulam, 2007). То есть, данный принцип стал основанием отбора научных идей, гипотез, теорий, исследовательских программ.

Проблема взаимодействия контуров управления в управлении производственными процессами хорошо известна. Управление дистилляционной колонной трудно контролировать из-за сильного взаимодействия процессов и нелинейного динамического поведения процессов внутри колонны.

Управление ректификационной колонной начинается с определения контролируемых, управляемых и переменных нагрузки. Контролируемые переменные - это те переменные, которые должны поддерживаться в точном значении для удовлетворения целей. Манипулируемые переменные - это переменные, которые могут быть изменены, чтобы поддерживать контролируемые переменные на своих значениях. Переменные нагрузки - это те переменные, которые вызывают помехи.

Контролируемые переменные обычно очевидны. Они обычно определяются, когда цели процесса определены и поняты. Переменные нагрузки также легко идентифицируются. Однако идентификация манипулируемых переменных может быть более сложной. Существуют общие рекомендации по определению того, какие манипулируемые переменные должны быть связаны с какой контролируемой переменной, например, [8]:

* управление потоком, который оказывает наибольшее влияние на связанную контролируемую переменную;
* управление меньшим потоком, если два потока оказывают одинаковое влияние на контролируемую переменную;
* управление потоком, который имеет наиболее близкую линейную корреляцию с контролируемой переменной;
* управление потоком, который наименее чувствителен к условиям окружающей среды;
* управление потоком, который менее всего может вызвать проблемы взаимодействия.

Вышеуказанные правила используются для основного принципа управления, и иногда дают противоречивые результаты. За прошедшие годы было предложено несколько методов адаптивного управления многовариантными параметрами [9]. Большинство из этих методов были получены как прямое расширение известной модели с одним входом и одним выходом (SISO). Тем не менее, большинство процессов в дистилляционной колонне имеют несколько входов и несколько выходов (MIMO), как показано в [10], и SISO не в состоянии справиться с нелинейной динамикой процесса. До сих пор хорошие результаты модели SISO получены для управления фракционирующим устройством с использованием ПИД-регулятора. Адаптивное управление и другие методы регулирования используются, когда встречаются нелинейности. Однако мы все еще далеки от достижения цели оптимизации работы ректификационной колонны с использованием нейросетевого управления при минимальных затратах.

# **2 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ**

# **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

# **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. R.J. Forbes, A Short History of the Art of Distillation, Brill, Leiden, 1948 reprint from 1970.
2. Н. М. Жаворонков. "Теоретические основы химической технологии", т.V, N 3, 1971, т.VI, N 5, 1972.
3. В. В. Кафаров "Основы массопередачи". "Высшая школа",1962.
4. Rosenbrock H. H. I.F.A.C. Congress Moscow 4, 303-308, 1960.
5. Rosenbrock H. H. "Trans.Inst.Chem.Engng.(London) 35, 347-351, 1957.
6. Rosenbrock H. H. B.Sk(Eng) Ph.D. M.I.E.E. "Trans.Inst.Chem.Engng. 38, 1960.
7. Roache P. J., Computational Fluid Dynamics, Albuquerque, NM, Hermosa Publishers, 1982.
8. Демиденко Н. Д., Потапов В. И., Шокин Ю. И. Моделирование  
   и оптимизация систем с распределенными параметрами. – Новосибирск: Наука, 2006. – 550 с
9. H. Schelenz, Zur Geschichte der pharmazeutischen Destilliergerate, Miltitz, Leipzig, 1911.
10. E.O. von Lippmann, Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, Springer, Berlin, 1919.
11. E. Blass, T. Liebl, M. Haberl, Extraktiondein historischer Ruckblick, Chem. Ing. Tech. 69 (1997) 431-437.
12. R.J. Forbes, A Short History of the Art of Distillation, Brill, Leiden, 1948 reprint from 1970.
13. J. Needham, H. Ping-Yu , L. Gwei-Djen, N. Sivin, Science and Civilisation in China, in: Chemistry and Chemical Technology Pt. 4, Spagyrical, Discovery and Invention: Apparatus, Theories and Gifts, vol. 5, Cambridge University Press, 1980.
14. Шувалов В. В., Огаджанов Г. А, Голубятников В. А. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. – М.: Химия, 1991. – 480 с.
15. Александров И. А. Перегонка и ректификация в нефтепереработке. – М.: Химия, 1981. – 352 с.: ил.
16. Than M.T., Morris A.J., Wood R.K. 1991. Multivariable and multivariate self-tuning control: a distillation column case study. IEEE proceeding symbol D control theory and applications. 138: 9-24.
17. Jones R.W., Than M.T. 1978. Multivariable adaptive control: a survey of method and application. In: O'reilly, J. (ed) Multivariable control for industrial application. Peter peregrinus London.
18. Lawrynczuk M. 2007. A family of model predictive control algorithms with artificial neural network Journal of Applied Mathematics and Computer Sciences. 17: 217-232.

# **ПРИЛОЖЕНИЕ**