

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов магистратуры направления 15.04.04*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра автоматизации технологических процессов
и производств

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов магистратуры направления 15.04.04*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

УДК 004.942; 66.048.3; 665.64 (073)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И СИТЕМ УПРАВЛЕНИЯ:
Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *П.А. Петров*. СПб, 2021. 46 с.

Представлено описание и порядок выполнения лабораторных работ по дисциплине «Моделирование объектов и систем управления». Рассмотрено применение программных комплексов PRO/II Process Engineering и DYN SIM Dynamic Simulation компании AVEVA для моделирования химико-технологических схем и контуров управления.

Предназначены для магистров направления 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», магистерская программа «Системы автоматизированного управления в нефтегазопереработке».

Научный редактор проф. *В.Ю. Бажин*

Рецензент канд. техн. наук *А.Н. Николаев* (начальник отдела АСУТП ООО «ЦПА «РЕСУРС»)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2021

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов магистратуры направления 15.04.04*

Сост.: *П.А. Петров*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
автоматизации технологических процессов и производств

Ответственный за выпуск *П.А. Петров*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 09.03.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 2,7. Усл.кр.-отт. 2,7. Уч.-изд.л. 2,3 . Тираж 75 экз. Заказ 163.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к лабораторным работам составлены в соответствии с программой дисциплины «Моделирование объектов и систем управления» и предназначены для выполнения магистрами направления 15.04.04 – «Автоматизация технологических процессов и производств», программа «Системы автоматизированного управления в нефтегазопереработке».

Целью лабораторных работ является формирование у студентов базовых знаний о программных пакетах, применяемых для моделирования, о необходимой структуре и составе таких пакетов, о методах построения технологических схем в программных пакетах, библиотеке математических моделей технологических аппаратов, о библиотеке компонентов и их свойств; знаний об общих принципах построения технологических схем; о проведении вычислительного эксперимента и оценке адекватности моделей; применении численных методов для анализа и расчета технологических схем и исследовании их функционирования с целью выбора оптимальных систем управления, контуров регулирования и определения параметров настроек регуляторов.

Требования к содержанию отчета к лабораторной работе:

- формулировка цели и задачи занятия;
- исходные данные согласно номеру варианта;
- краткое описание схемы установки или моделируемой технологической схемы;
- описание последовательности действий при моделировании процесса в программных комплексах;
- расчетные данные, результаты вычислительного эксперимента в виде таблиц, графиков;
- выводы по работе.

При разработке методических указаний для лабораторных занятий использованы материалы из литературных источников, указанных в конце методических указаний.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛОННЫ СТАБИЛИЗАЦИИ БЕНЗИНОВОЙ ФРАКЦИИ

Цель работы – построить и исследовать модель технологической схемы ректификационной колонны для стабилизации бензиновой фракции с помощью программного пакета Pro/II Process Engineering.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Колонна для стабилизации бензиновой фракции с давлением насыщенных паров 82,73 кПа выводит более легкие компоненты, чем бутан, в виде газа, сжигаемого в факеле, и отделяет и регенерирует компоненты, имеющие число атомов углерода от пяти и выше, в качестве кубового продукта.

Необходимо проверить устройство колонны и определить тепловую нагрузку и обратный поток (рефлюкс), чтобы ограничить общие потери C_5 до 0,136 кмоль/ч.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Данные о процессе

Технологическая схема показана на рисунке 1.1. Колонна содержит в своем составе ребойлер с паровым пространством и конденсатор при температуре кипения.

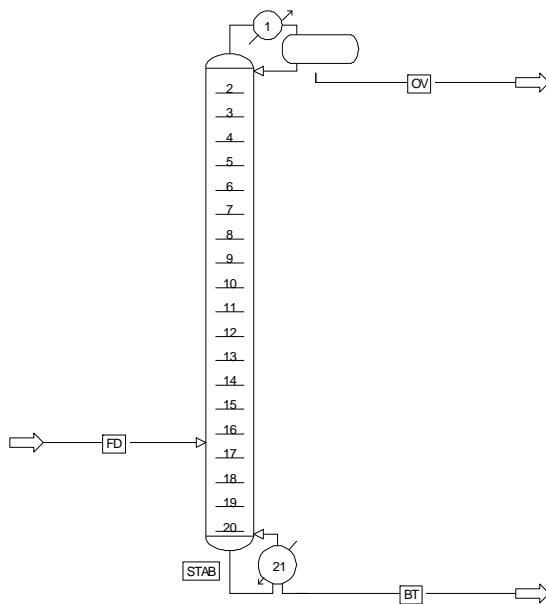


Рис.1.1. Технологическая схема колонны стабилизации бензиновой фракции в Simsci Pro/II

Методы и данные

Метод Грейсона-Стрида выбран для термодинамических расчетов. Эта система использует корреляцию Грейсона-Стрида для значений K , Curl-Pitzer для энтальпии, SRK для плотности пара и API для плотности жидкости, что дает хорошие результаты практически во всех процессах моделирования углеводородного сырья с участием различных компонентов, от пропана до газойлей.

При указании давления насыщенных паров PRO/II использует номограммы API-данных для бензиновой фракции (по умолчанию) или для сырой нефти.

Имитационная модель

Стабилизатор моделируется как обычная ректификационная колонна с 21 теоретической тарелкой (включая конденсатор и ребойлер). Поток питания поступает на 17-ю тарелку, а верхний продукт находится в точке кипения. Режимы работы конденсатора и ребойлера варьируются для достижения давления насыщенных паров и заданной величины потерь C_5 , указанных в виде спецификаций.

Ввод исходных данных и задание параметров

Единицы измерения и параметры печати остаются в качестве значений по умолчанию – набор единиц измерения СИ.

Колонна и потоки размещаются на графической схеме процесса, как было показано на рисунке 1.1. Компоненты, предназначенные для потока питания, проставляются в диалоговом окне данных компонента. Дважды нажмите на блок-схему потока, чтобы заполнить состав, скорость потока и тепловые свойства (см. таблица 1.1).

Таблица 1.1

Данные по сырьевому потоку FD

Компонент	Состав, моль
C_2	1
C_3	5
IC_4	100
NC_4	100
IC_5	150
NC_5	175
NC_6	200
NC_7	100
NC_8	075
NC_{10}	50
Расход, кмоль/ч	433,6
Температура, К	310,9
Давление, кПа	689,5

Для колонны не указан метод решения, поэтому по умолчанию используется метод Inside-Out. Никаких оценочных данных не требуется, кроме как для верхнего продукта.

Спецификация потери C_5 в верхнем продукте состоит в том, что сумма изопентана и нормального пентана должна составлять 0,136 кмоль/ч. Номограмма API для бензиновой фракции используется для спецификации давления насыщенных паров.

Дважды щелкните на значок колонны, чтобы ввести необходимые для колонны данные (таблица 1.2). Профиль давления задан. Поток питания FD подается на тарелку 17 колонны. Первоначальная оценка для потока сверху колонны OV установлена в значении 42,18 кмоль/ч. Спецификации представлены на рисунке 1.2.

Таблица 1.2

Параметры для ректификационной колонны STAB

Параметры	Значение
Column Configuration (Настройка колонны):	
Reboiler (Наличие ребойлера)	+
Number of Theoretical Trays (Количество теоретических тарелок)	21
Feeds and Products (Потоки питания и продукты):	
Feeds FD (Положение тарелок ввода потоков питания)	17
Product OV Rate (Расход продуктового потока), кмоль/ч	42,18
Product BT Rate (Расход продуктового потока), кмоль/ч	-
Pressure Profile (Профиль давления):	
By Individual Trays (Давление по отдельным тарелкам), кПа	Тарелка 1 – 448,2 Тарелка 2 – 482,6 Тарелка 21 – 517,1
Column Condenser (Конденсатор колонны):	
Condenser Type (тип конденсатора)	При температуре кипения
Pressure (Давление), кПа	448,2

Column - Specifications and Variables

UOM Range Help Overview

Add Specifications and Variables

Specifications: Active:

Cut	1	COL1SPEC1 - Stream OV Flowrate of component IC5 through component NC5 on a Wet basis in lb-mol/hr = 0.3 within the default tolerance	<input checked="" type="checkbox"/>
Insert	2	COL1SPEC2 - Stream BT Reid (Default) Vapor Pressure (PSI) = 12 within the default tolerance	<input checked="" type="checkbox"/>
Reset			

Variables: Active:

Cut	1	Column STAB Duty of Heater CONDENSER	<input checked="" type="checkbox"/>
Insert	2	Column STAB Duty of Heater 2	<input checked="" type="checkbox"/>
Reset			

The number of active specifications, 2 equals the number of Variables, 2

Data changes in this window will reinitialize column estimates

OK to PFD OK Cancel Cancel to PFD

Exit the window after saving all data

Рис.1.2 Окно ввода спецификаций и переменных для колонны

Все остальные входные данные колонны, включая тип алгоритма и процедуры начальной оценки, принимают значение по умолчанию.

Анализ результатов моделирования

После того, как введена вся необходимая информация, необходимо запустить моделируемую схему на расчет, сгенерировать файл отчета, проанализировать полученные результаты.

Ключевой файл отчета представлен ниже.

```
$ Generated by PRO/II Keyword Generation System
TITLE PROJECT=R7, PROBLEM=STD, USER=SIMSCI, DATE=NOV91
DESC RIGOROUS MODEL OF STABILIZER COLUMN
```

```

PRINT INPUT=ALL, MBALANCE=OFF, HISTORY=ON, SEQMAP=OFF
TOLERANCE DEFAULT=V94
DIMENSION      SI,          MDUTY=ON,          BASIS=MOLE,
STDTEMP=288.705555556, &
      STDPRES=101.325
SEQUENCE SIMSCI
CALCULATION TVPBASIS=310.9277777778, RVPBASIS=APIN
COMPONENT DATA
CURRENT SEARCH = SIMSCI,PROCESS
LIBID 1,C2/2,C3/3,IC4/4,NC4/5,IC5/6,NC5/7,NC6/8,NC7/9,NC8/ &
      10,NC10, BANK=CURRENT
ASSAY FIT=SPLINE, CONVERSION=API94, CURVEFIT=CURRENT, &
      FORMATION=CURRENT, KVRECONCILE=TAILS
THERMODYNAMIC DATA
TRESET CONSTANT = NOFLASH
METHOD SYSTEM=GS, SET=GS01, DEFAULT
WATER PROPERTY=SATURATED
STREAM DATA
PROPERTY      STREAM=FD,          TEMPERATURE=310.9277777778,
PRESSURE=689.476, &
      PHASE=M, RATE(M)=433.634405592, COMPOSITION(M)=1,1/2,5/ &
      3,100/4,100/5,150/6,175/7,200/8,100/9,75/10,50, NORMALIZE
UNIT OPERATIONS
COLUMN UID=STAB, NAME=STABILIZER
PARAMETER TRAY=21,IO
FEED FD,17,TNOTSEPARATE, NOTSEPARATE
PRODUCT      OVHD(M)=OV,42.1841013592,          BTMS(M)=BT,
SUPERSEDE=ON
CONDENSER TYPE=BUBB, PRESSURE=448.1594
DUTY 1,1,,CONDENSER
DUTY 2,21,,2
PRINT PROPTABLE=PART
ESTIMATE MODEL=CONVENTIONAL, RRATIO=3
PRESSURE 1,448.158710524/2,482.6332/21,517.107
SPEC      ID=COL1SPEC1,          STREAM=OV,          RATE(LBM/H),
COMP=5,6,WET, &
      VALUE=0.3
SPEC ID=COL1SPEC2, STREAM=BT, RVP, VALUE=12
VARY DNAME=CONDENSER
VARY DNAME=2
END

```

Конструкция колонны должна соответствовать требуемым характеристикам. Режим работы конденсатора и ребойлера показан в итоговых выходных данных колонны (таблица 1.3, 1.4). В итоговых расчетных данных по колонне необходимо показать расходы, температуры, давления и тепловая нагрузка, полный выходной поток (см. для примера таблица 1.4).

Таблица 1.3

Рассчитанные параметры по профилю колонны

Тарелка	Температура, К	Давление, кПа	Питание на тарелку, кмоль/ч	Продукт с тарелки, кмоль/ч	Тепловая нагрузка, кДж/ч
1	308,82	448,16		69,00	-3761354,13
2	315,18	482,63			
3	316,54	484,45			
4	317,44	486,26			
5	318,26	488,08			
6	319,21	489,89			
7	320,43	491,71			
8	322,06	493,52			
9	324,16	495,33			
10	326,68	497,15			
11	329,41	498,96			
12	332,08	500,78			
13	334,49	502,59			
14	336,63	504,41			
15	338,83	506,22			
16	342,21	508,03			
17	351,71	509,85	433,63		
18	355,66	511,66			
19	360,74	513,48			
20	367,87	515,29			
21	382,28	517,11		364,63	9226512,08

Расчетные данные по материальным потокам колонны

Название компонента	Единицы СИ	Поток ВТ	Поток FD	Поток OV
Общий молярный расход	кмоль/ч	364,63	433,63	69,00
Общий массовый расход	кг/ч	31530,41	35498,81	3968,40
Температура	К	382,28	310,93	308,82
Давление	кПа	517,11	689,48	448,16
Молярный расход компонентов	кмоль/ч			
C ₂		-	0,45	0,45
C ₃		0,03	2,27	2,24
IC ₄		6,35	45,36	39,01
NC ₄		18,20	45,36	27,16
IC ₅		67,91	68,04	0,13
NC ₅		79,37	79,38	0,01
NC ₆		90,72	90,72	-
NC ₇		45,36	45,36	-
NC ₈		34,02	34,02	-
NC ₁₀		22,68	22,68	-
Молярная доля компонента	доля			
C ₂		-	-	0,01
C ₃		-	0,01	0,03
IC ₄		0,02	0,10	0,57
NC ₄		0,05	0,10	0,39
IC ₅		0,19	0,16	-
NC ₅		0,22	0,18	-
NC ₆		0,25	0,21	-
NC ₇		0,12	0,10	-
NC ₈		0,09	0,08	-
NC ₁₀		0,06	0,05	-

Контрольные вопросы

1. Какой термодинамический метод был выбран для расчета колонны?

2. Какие спецификации следует использовать при моделировании колонны стабилизации?

3. Сделайте выводы по выполнению лабораторной работы и по результатам моделирования.

4. Подготовьте отчет по результатам выполнения лабораторной работы.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Таблица 1.5

Варианты заданий для лабораторной работы №1

№ вар.	Температура потока FD, К	Расход потока FD, кмоль/ч	Расход продуктового потока OV, кмоль/ч	Давление на тарелке №1, кПа
1	310	435	43	448
2	315	437	42	449
3	305	440	41	450
4	308	441	40	451
5	311	430	41	452
6	314	432	42	453
7	320	435	43	454
8	314	433	44	455
9	311	442	45	454
10	308	443	44	453
11	305	440	43	452
12	315	438	42	451
13	314	439	41	450
14	313	442	40	449
15	310	445	43	447
16	311	435	45	451
17	314	437	44	452
18	320	440	43	453
19	314	441	42	454
20	311	430	41	455
21	308	432	40	454
22	310	440	42	449
23	315	438	41	450
24	305	439	40	451
25	308	442	41	452

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ КРЕКИНГА С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ КАТАЛИЗАТОРОМ

Цель работы – построить и исследовать модель технологической схемы установки крекинга с псевдоожигенным катализатором с помощью программного пакета Pro/II Process Engineering.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Технологический процесс каталитического крекинга с псевдоожигенным катализатором (FCC) постоянно совершенствуется для увеличения производства бензина и исключения производства тяжелого рециклового газойля. Необходимо модернизировать существующую основную фракционирующую колонну, технологическая схема которой представлена на рисунке 2.1.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Данные о процессе

Список продуктов для расчетной базовой производительности колонны в $57240 \text{ м}^3/\text{ч}$ показан в Таблице 2.1 и Таблице 2.2. Питание колонны представляет собой поток, выходящий из реактора крекинга с псевдоожигенным катализатором, который синтезируется путем смешивания этих потоков продуктов вместе с 1360 кг/ч реакторного отгонного (отпарного) пара.

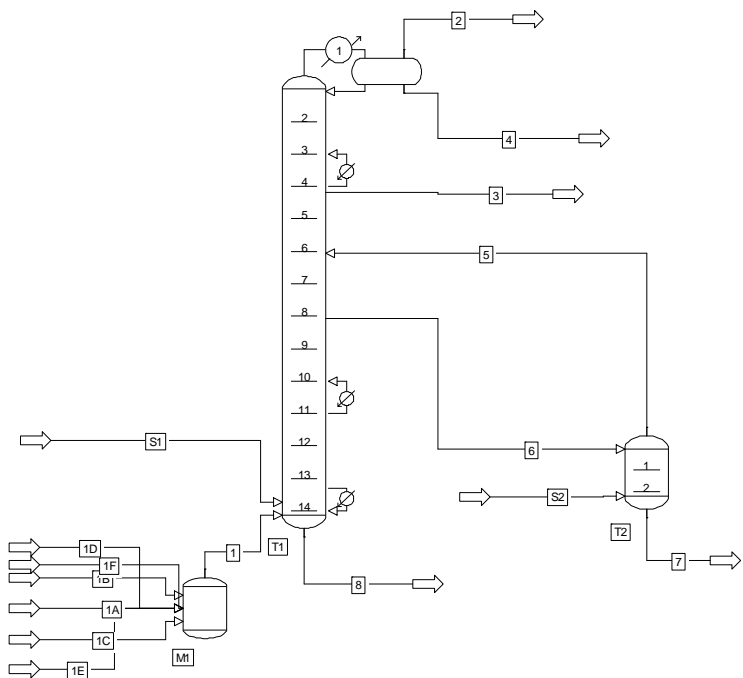


Рис. 2.1 Технологическая схема процесса каталитического крекинга с псевдооживленным катализатором

Таблица 2.1

Расходы потоков питания колонны (продуктовые потоки газоперерабатывающего завода)

Компонент	Поток 1А «Off Gas» Отходящий газ, кг/ч	Поток 1В «С3 & С4», кг/ч	Поток 1С «Gasoline» Бензин, кг/ч
H ₂ O	1360,78	-	-
H ₂	54,43	-	-
H ₂ S	111,58	-	-
CO ₂	143,79	-	-
N ₂	247,21	-	-
C ₁	1784,88	-	-
C ₂ =	1913,25	-	-
C ₂	1492,32	-	-
C ₃ =	1304,53	2886,66	-
C ₃	474,91	1254,18	-
IC ₄ =	73,03	1069,57	146,96
C ₄ =	210,01	3020,02	254,01
IC ₄	265,81	3261,78	15,42
NC ₄	76,20	1143,51	204,57
C ₅ =	-	-	813,29
IC ₅	117,93	88,00	3971,20
NC ₅	47,17	11,34	756,59

Таблица 2.2

Температуры образцов LV(F) и данные

Объемные проценты%	Поток 1D «C ₆ +» (D86)	Поток 1E «Бензин» (D86)	Поток 1F «Light Cycle» (ТВР) Легкий рецикловый газойль
0	175	370	483
5	177	470	705
10	179	512	777
30	215	567	879
50	266	601	976
70	322	637	1080
90	441	694	1250
95	492	723	1391
100	537	745	1439
Расход, м ³ /ч	41,04	342,64	342,64
плотность API	47	18,4	8,1

Моделирование должно соответствовать характеристикам фракционирования, показанным в таблице 2.3, и условиям циркуляционного орошения колонны, указанным в таблице 2.4.

Таблица 2.3

Спецификация фракционирования

Аппарат/Поток	Свойство	Значение
Gasoline D86	Точка конца кипения End Point	505,37 К
Light Cycle Oil D86	Точка конца кипения End Point	666,48 К
Конденсатор Condenser	Давление Pressure	204,75 кПа
Колонна Main Column	Давление наверху Top pressure	239,22 кПа
	Падение давления Pressure Drop	41,37 кПа
	Температура низа Bottoms Temperature	613,15 К
Боковая отпарная секция Sidestripper	Расход пара Steam feed	79,49 м ³ /ч
Насыщенный пар Steam (saturated)	Расход пара Steam feed	79,49 м ³ /ч
	Давление Pressure	1135,54 кПа

Таблица 2.4

Параметры циркуляционного орошения

Циркуляционное орошение	Нагрузка (кДж/ч)	Расход (м ³ /ч)	Температура в обратном трубопроводе (К)
Сверху	21,10·10 ⁶	-	380,37
В центре	10,55·10 ⁶	-	505,37
Снизу	-	4578,72	-

Основная фракционирующая колонна рассчитан на клапанные однопроходные тарелки на расстоянии 60 см при 75% заполнении жидкостью. Фактическая колонна содержит 24 тарелки, не считая перегородок в зоне охлаждения.

Боковая отпарная колонна имеет восемь практических тарелок и представлена двумя теоретическими тарелками для моделирования.

Методы и данные

Термодинамическая система BK10 используется для значений K , энтальпии и плотности пара. Эта система хорошо работает для основных ректификационных колонн. Корреляция API используется для прогноза вязкости жидкости.

В данном расчете мы имеем полный профиль дистилляции для тяжелого остатка каталитического крекинга. Точная характеристика остатка важна, потому что его точка кипения (температура в нижней части колонны) обычно используется в качестве контрольного параметра. В рабочих установках данные об остатке часто являются неполными, и для получения данных о тяжелом остатке можно использовать сокращенную модель нижней части колонны.

Обычно эффективность тарелок используется для определения количества теоретических тарелок из реальных. Количество используемых тарелок не оказывает критического влияния на результаты моделирования. Зона охлаждения представлена одной тарелкой с циркуляционным орошением через охладитель.

Используется конденсатор смешанного типа, и в качестве технических характеристик устанавливается желаемая температура конденсации. Работа конденсатора варьируется в соответствии с этой спецификацией.

Расход отбора бензина варьируется в соответствии со спецификацией конечной точки D86. Аналогичным образом, в боковой отпарной секции расход каталитического газойля изменяется в соответствии с заданной конечной точкой.

Производительность охладителя в зоне охлаждения рассчитывается в соответствии со спецификацией расхода тяжелого остатка каталитического крекинга. Температура возврата для этого циркуляционного орошения рассчитывается исходя из желаемой скорости циркуляции. Охладители со стороны циркуляционного орошения имеют режимы охлаждения, установленные с помощью параметра «Heat». Температуры потоков возврата задаются и рассчитываются соответствующие скорости циркуляции.

Рекомендуется, чтобы в колоннах этого типа фиксировали нагрузку на охлаждение верхней стороны и рассчитывали нагрузку на конденсатор. Для колонн без возврата бензина верхнее боковое охлаждение должно быть на верхней тарелке, а нагрузка рассчитана для соответствия техническим характеристикам. Верхний конденсатор затем моделируется как отдельная испарительная емкость.

Температура низа колонны используется в качестве управляющей переменной. Ее значение определяется небольшими количествами растворенных легких компонентов в тяжелом остатке крекинга. Увеличенное орошение колонны улучшает разделение и производит более тяжелый остаток с более высокой температурой кипения и, следовательно, более высокой температурой в нижней части колонны. И наоборот, более низкое орошение снижает температуру низа колонны.

Колонна рассчитана на однопроходные клапанные тарелки при 75% заполнения жидкостью. Эта опция автоматически оценивает колонну со всеми тарелками по наибольшему расчетному стандартному размеру.

Ввод исходных данных и задание параметров

Нажмите Компонент, чтобы открыть диалоговое окно SIMSCI - Выбор компонента. Выберите компоненты из доступных баз данных (см. таблицу 2.1).

Выбор термодинамических методов

Нажмите Термодинамика на панели инструментов. Нажмите кнопку «Изменить ...», чтобы открыть диалоговое окно «Термодинамические данные - изменение» и выберите термодинамический метод Braun K10 для расчета значений K , энтальпии и плотности пара. Используйте API-корреляцию для прогнозов вязкости жидкости, как показано на рисунке 2.2.

Thermodynamic Data - Transport Properties

UOM Range Help

Compute Transport Properties for System BK1001

Transport System: Pure-Component Averages

Override Methods

Vapor Viscosity	Petroleum Correlation	Enter Data...
Liquid Viscosity	API Correlation	Enter Data...
Vapor Thermal Conductivity	Petroleum Correlation	Enter Data...
Liquid Thermal Conductivity	Petroleum Correlation	Enter Data...
Surface Tension	Petroleum Correlation	Enter Data...

Liquid Diffusivity Method: None Diffusivity Data...

OK to PFD OK Cancel Cancel to PFD

Exit the window after saving all data

Рис.2.2. Термодинамические данные

Ввод данных состава потока

Все продукты из процесса определены в Разделе данных потока, а затем смешиваются в сепараторе для получения потока питания в колонну.

Чтобы ввести данные для потоков, показанных в таблице 2.1, дважды щелкните поток, чтобы отобразить диалоговое окно «Данные потока», затем нажмите кнопку «Расход и состав», чтобы ввести данные. После ввода данных для потока, нажмите ОК, чтобы сохранить данные и выйти. Повторите действия для каждого питающего потока.

Ввод данных анализа потока

Чтобы ввести данные лабораторного анализа, перечисленные в таблице 2.2, дважды щелкните поток и выберите из списка «Анализ нефти». Нажмите на «Расход и анализ», чтобы увидеть диалоговое окно «Данные расхода и анализ».

Нажмите «Определить / редактировать анализ» и введите данные анализа в диалоговом окне «Данные потока - определение анализа». D2887 и данные по плотности вводятся, как показано на рисунке 2.3. Нажмите Молекулярный вес и Легкие компоненты (Lightends) и введите соответствующие данные по плотности и молекулярному весу, приведенные в Таблице 2.2.

Нажмите кнопку ОК, чтобы закрыть окна ввода данных и вернуться в экран схемы PFD. Появится диалоговое окно, информирующее о том, что компоненты анализа были сгенерированы.

Stream Data - Assay Definition

UDM Range Help Tag

Assay data for stream 1D

Distillation

True Boiling Point

ASTM D86

ASTM D1160

ASTM D2887

D86 Basis

Liquid Volume

Weight

Pressure: kPa

Correct for Cracking
(Recommended for API 63 and Edmister-Okamoto Interconversion only)

	Cut	Percent Distilled	Temperature F	
	Copy	1	0	175
	Paste	2	5	177
	Insert	3	10	179
	Reset	4	30	215
		5	50	266
		6	70	322
		7	90	441
		8	95	492
		9	100	537
		10		

Gravity Data

API Gravity Average:

Specific Gravity

Watson K-Factor

Additional Data

Exit the window after saving all data

Рис.2.3. Ввод данных анализа углеводородной смеси

Ввод данных о работе оборудования

Дважды щелкните на работу блока колонны, чтобы открыть диалоговое окно колонны (рисунок 2.4). По умолчанию используется алгоритм решения Inside-Out (IO).

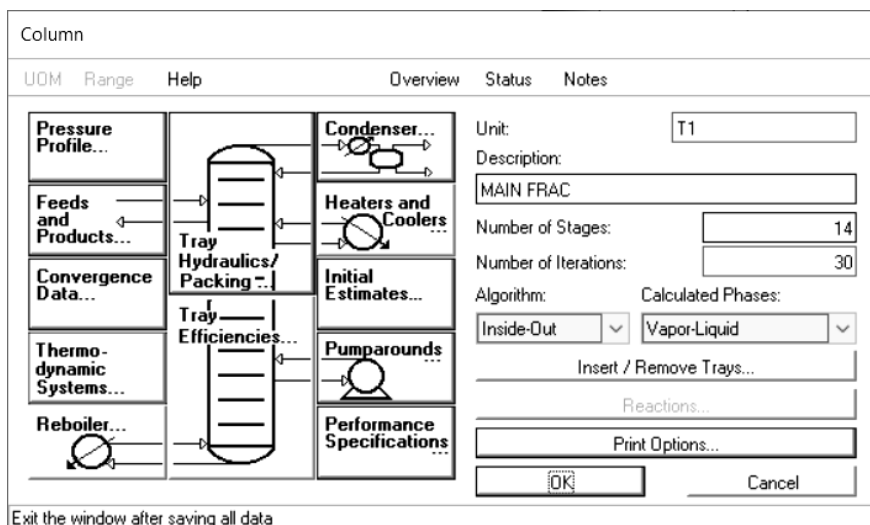


Рис.2.4. Окно колонны

Нажмите кнопку «Питание и продукты», чтобы открыть окно ввода данных, показанное на рисунке 2.5.

Column - Feeds and Products

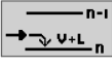
UOM Define Range Help Overview

Feed	Tray	Feed Flash
1	14	On Tray
S1	14	On Tray
5	6	On Tray

Feed Flash Default Convention

Vapor and liquid to be on the feed tray.

Flash the feed adiabatically, vapor onto the tray above and liquid onto the feed tray.



Product	Type of Product	Phase	Tray	Rate	
2	Overhead	Vapor	1		kg-mol/hr
3	Fixed Rate Draw	Liquid	1	278.959	kg-mol/hr
6	Fixed Rate Draw	Liquid	8	60.7813	kg-mol/hr
4	Total Phase Draw	Water	1	49.8951	kg-mol/hr
8	Bottoms	Liquid	14	31.2978	kg-mol/hr

Autogenerate Column Pseudo Streams

Condenser

Pumparound(s)

Reboiler

Pseudoproducts...

Auto Pseudo Streams...

Exit the window after saving all data

Рис.2.5. Питание колонны и продукты

Все продукты из восходящего потока реактора определены в разделе «Данные потока» и смешиваются сепараторе низкого давления для получения единого комбинированного потока питания колонны – потока 1. Единственный другой внешний поток питания – это поток 5, хозяйственный пар. Укажите пар, который должен находиться над тарелкой питания, а жидкость под тарелкой питания. Нажмите ОК, чтобы сохранить данные и выйти из окна ввода данных.

В окне ввода данных PRO / II - Колонна нажмите кнопку «Данные по сходимости», чтобы открыть окно ввода данных «Колонна - сходимость». Введите коэффициент демпфирования, как показано на рисунке 2.6.

Column - Convergence Data

UQM Range Help Overview

Convergence Parameters

Damping Factor:

Damping Cutoff:

Error Increase Factor:

Composition Variable Option:

Stop Simulation after 15 Consecutive Column Failures. ('0' will Continue the Simulation regardless of Failures)

Convergence Tolerance

Bubble Point:

Enthalpy Balance:

Equilibrium (K-value):

Component Balance:

Homotopy Options for Convergence Specifications

Specification	Final Value	Initial Value	Number of Intervals	Apply During Control Loop
COL1SPEC1	120.00			Initially <input type="text"/>
COL1SPEC2	83.000			Initially <input type="text"/>
COL1SPEC3	450.00			Initially <input type="text"/>

Exit the window after saving all data

Рис.2.6. Данные по сходимости

Значение коэффициента демпфирования (DAMP) 0,6 рекомендуется для ректификационных колонн каталитического крекинга, чтобы улучшить сходимость расчетов.

Нажмите кнопку «Гидравлика тарелки/пакета насадок» и укажите тарелки колонн, работающие при 82% захлебывания, с расстоянием между тарелками, как показано на рисунке 2.7. Колонна рассчитана на однопроходные клапанные тарелки при 75% захлебывания. Эта опция автоматически оценивает колонну со всеми тарелками по наибольшему расчетному стандартному размеру.

Cut	Section Name	Starting Tray	Ending Tray	Internals	Calculation Type	Calculation Data	
Insert							
Reset	1	9	2	13	Trays	Sizing	Enter Data...

Column - Tray Sizing

Tray Type:	VALVE	
Minimum Tray Diameter:	381	mm
Tray Spacing:	609.6	mm
Flooding Factor:	75	%
System Loading Factor:	1	
Number of Flow Paths:	1	
Estimated Diameter:		mm
Weir Height:		mm
Weir Length:		mm

Perform Tray Sizing Calculations

At output time

During column convergence and do not update pressure profile

During column convergence and update the pressure profile

Calculated pressure drop will be based on number of trays divided by a scaling factor of 1.0

OK to PFD

OK

Cancel

Cancel to PFD

 Exit the window after saving all data

Рис.2.7. Задание размера тарелки

Вернитесь в главное окно колонны и нажмите кнопку «Циркуляционные орошения» Pumpgrounds, чтобы открыть окно ввода данных, показанное на рисунке 2.8.

Column - Pumparounds			
UOM	Range	Help	Overview
<input checked="" type="checkbox"/> Add Pumparounds			
Cut			
Insert	1	Liquid pumparound 1, from tray 14 , to tray 14. Return pressure to be the return tray pressure in kPa, with Specification: Pumparound Rate to be 79.49 in m3/hr and Duty to be -31.65 in $\times 10^6$ kJ/hr for Heater 2.	
Reset	2	Liquid pumparound 2, from tray 11 , to tray 10. Return pressure to be the return tray pressure in kPa, with Specification: Pumparound Duty to be -10.55 in $\times 10^6$ kJ/hr for Heater 3 and Return Temperature to be 505.37 in K.	
	3	Liquid pumparound 3, from tray 4 , to tray 3. Return pressure to be the return tray pressure in kPa, with Specification: Pumparound Duty to be -21.10 in $\times 10^6$ kJ/hr for Heater 4 and Return Temperature to be 380.37 in K.	
<input type="button" value="OK to PFD"/> <input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/> <input type="button" value="Cancel to PFD"/>			
Exit the window after saving all data			

Рис.2.8. Циркуляционные орошения

Температуры возврата приведены и рассчитаны соответствующие скорости циркуляции. Нагрузки циркуляционных орошений вводятся в операторе HEAT при использовании ввода ключевых слов.

Нажмите кнопку «Характеристики производительности», чтобы ввести спецификации и переменные для колонны. Определены технические характеристики, температура конденсации, конечная точка бензина по D86, расход тяжелого остатка и легкого рециклового газойля по D86. Управляющими переменными для соответствия техническим характеристикам являются нагрузка конденсатора, скорость (расход) отбора бензина и нагрузка охлаждения (рисунок 2.9).

Column - Specifications and Variables			
UOM	Range	Help	Overview
<input checked="" type="checkbox"/> Add Specifications and Variables			
Specifications:			Active:
Cut	1	COL1SPEC1 - Column T1 Tray 1 Temperature in K = 322.04 within the default tolerance	<input checked="" type="checkbox"/>
Insert	2	COL1SPEC2 - Stream 8 Flowrate of All Components on a Wet basis at Standard Conditions in m3/hr = 13.2 within the default tolerance	<input checked="" type="checkbox"/>
Reset	3	COL1SPEC3 - Stream 3 D86 End Point (volume %) in K = 505.37 within the default tolerance	<input checked="" type="checkbox"/>
	4	COL1SPEC1 - Stream 7 D86 End Point (volume %) in K = 666.48 within the default tolerance	<input checked="" type="checkbox"/>
Variables:			Active:
Cut	1	Column T1 Duty of Heater CONDENSER	<input checked="" type="checkbox"/>
Insert	2	Column T1 Duty of Heater 2	<input checked="" type="checkbox"/>
Reset	3	Vary Stream 3 Flowrate	<input checked="" type="checkbox"/>
	4	Vary Stream 6 Flowrate	<input checked="" type="checkbox"/>
The number of active specifications, 4 equals the number of Variables, 4			
<input checked="" type="checkbox"/> Data changes in this window will reinitialize column estimates			
<input type="button" value="OK to PFD"/>		<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="Cancel"/>
<input type="button" value="Cancel to PFD"/>			
Exit the window after saving all data			

Рис.2.9. Спецификации и переменные

Ввод данных боковой отпарной секции колонны

Боковая отпарная секция вводится как отдельная единичная операция, но PRO / II автоматически объединяет ее с основной колонной и решает обе задачи, как если бы они были единой операцией. Это исключает внешние циклы рециркуляции, необходимые для объединения отдельных операций.

Добавьте боковую отпарную секцию на графический экран PFD и укажите две теоретических тарелки для отпарной секции. Дважды щелкните значок боковой колонны на блок-схеме, чтобы открыть главное окно ввода данных, показанное на рисунке 2.10.

Введите данные для профиля давления, потоков питания и продуктов.

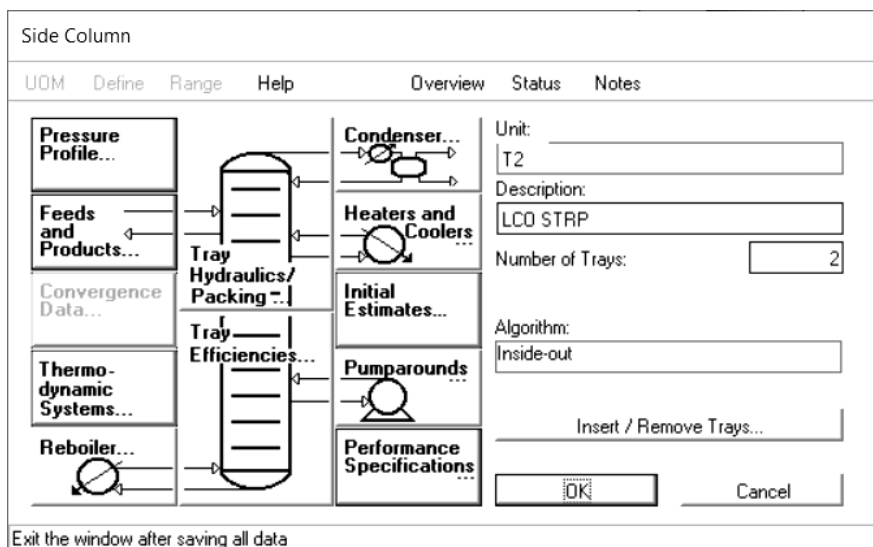


Рис.2.10. Боковая отпарная секция

Анализ результатов моделирования

После того, как введена вся необходимая информация, необходимо запустить моделируемую схему на расчет, сгенерировать файл отчета, проанализировать полученные результаты. Ключевой файл включает в себя все данные, необходимые для полностью заданной отпарной секции.

```
TITLE PROJECT=APPBRIEF, PROBLEM=R5R, USER=SIMSCI, DATE=NOV91
PRINT INPUT=ALL, STREAM=SUMMARY, TBP, MBALANCE=OFF,
HISTORY=ON, &
SEQMAP=OFF
TOLERANCE DEFAULT=V94
DIMENSION SI, MDUTY=ON, BASIS=MOLE, STDTEMP=288.705555556, &
STDPRES=101.325
SEQUENCE SIMSCI
CALCULATION TVPBASIS=310.927777778, RVPBASIS=APIN
COMPONENT DATA
CURRENT SEARCH = SIMSCI,PROCESS
LIBID 1,H2O/2,H2/3,H2S/4,CO2/5,N2/6,C1/7,ETHENE/8,C2/9,PROPENE/ &
```

10,C3/11,IBUTENE/12,BUT1/13,IC4/14,NC4/15,PNT1/16,IC5/ &
 17,NC5, BANK=CURRENT
 ASSAY FIT=SPLINE, CONVERSION=API94, CURVEFIT=CURRENT, &
 FORMATION=VER91, KVRECONCILE=TAILS
 THERMODYNAMIC DATA
 TRESET CONSTANT = NOFLASH
 METHOD SYSTEM=BK10, VISCOSITY(L)=API, VISCOSITY(V)=PETR, &
 CONDUCTIVITY(L)=PETR, CONDUCTIVITY(V)=PETR, &
 SURFTENSION=PETR, SET=BK1001, DEFAULT
 WATER PROPERTY=SATURATED
 STREAM DATA
 PROPERTY STREAM=1A, TEMPERATURE=799.8166666667,
 PRESSURE=342.6416, &
 PHASE=M, COMPOSITION(WT,KG/H)=1,1360.776/2,54.43104/ &
 3,111.583632/4,143.788664/5,247.20764/6,1784.88452/ &
 7,1913.251056/8,1492.31768/9,1304.530592/10,474.910824/ &
 11,73.028312/12,210.013096/13,265.804912/14,76.203456/ &
 16,117.93392/17,47.173568
 PROPERTY STREAM=1B, TEMPERATURE=799.8166666667,
 PRESSURE=342.6416, &
 PHASE=V, COMPOSITION(WT,KG/H)=9,2886.659488/10,1254.18188/ &
 11,1069.569936/12,3020.015536/13,3261.780072/14,1143.505432/ &
 16,87.996848/17,11.3398
 PROPERTY STREAM=1C, TEMPERATURE=799.8166666667,
 PRESSURE=342.6416, &
 PHASE=M, COMPOSITION(WT,KG/H)=11,146.963808/12,254.01152/ &
 13,15.422128/14,204.569992/15,813.290456/16,3971.19796/ &
 17,756.591456
 PROPERTY STREAM=1D, TEMPERATURE=799.8166666667,
 PRESSURE=342.6416, &
 PHASE=V, RATE(LV)=41.03931431, ASSAY=LV
 D86 STREAM=1D, DATA=0,175/5,177/10,179/30,215/50,266/70,322/ &
 90,441/95,492/100,537, TEMP=F, PRES(MMHG)=759.998
 API STREAM=1D, AVERAGE=47
 PROPERTY STREAM=1E, TEMPERATURE=799.8166666667,
 PRESSURE=342.6416, &
 PHASE=V, RATE(LV)=9.96371529, ASSAY=LV
 D86 STREAM=1E, DATA=0,370/5,470/10,512/30,567/50,601/70,637/ &
 90,694/95,723/100,745, TEMP=F, PRES(MMHG)=759.998
 API STREAM=1E, AVERAGE=18.4
 PROPERTY STREAM=1F, TEMPERATURE=799.8166666667,
 PRESSURE=342.6416, &
 PHASE=V, RATE(LV)=13.28177398, ASSAY=LV
 TBP STREAM=1F, DATA=0,483/5,705/10,777/30,879/50,976/70,1080/ &

90,1250/95,1391/100,1439, TEMP=F, PRES(MMHG)=759.998
 API STREAM=1F, AVERAGE=8.1
 PROPERTY STREAM=S1, PRESSURE=1135.539, PHASE=V, RATE(WT)=226.796,
 &
 COMPOSITION(M)=1,100
 PROPERTY STREAM=S2, PRESSURE=1135.539, PHASE=V, RATE(WT)=226.796,
 &
 COMPOSITION(M)=1,100
 NAME S1,MF STEAM/S2,STRP STEAM/1,REACTOR EFF/2,OVERHEAD GAS/ &
 3,GASOLINE/4,OVHD WATER/6,LCO DRAW/7,LCO/8,SLURRY OIL
 UNIT OPERATIONS
 FLASH UID=M1, NAME=FEED MIX
 FEED 1A,1B,1C,1D,1E,1F
 PRODUCT V=1
 ISO TEMPERATURE=799.8166666667, PRESSURE=342.6416
 COLUMN UID=T1, NAME=MAIN FRAC
 PARAMETER TRAY=14,IO DAMPING=0.8
 FEED 1,14,TNOTSEPARATE/S1,14,TNOTSEPARATE/ &
 5,6,TNOTSEPARATE, NOTSEPARATE
 PRODUCT OVHD(M)=2, LDRAW(M)=3,1,278.95908, LDRAW(M)=6,8, &
 60.781328, WATER(M)=4,1,49.89512, BTMS(M)=8, &
 31.297848, SUPERSEDE=ON
 CONDENSER TYPE=MIX, PRESSURE=204.7464
 DUTY 1,1,,CONDENSER
 DUTY 2,14,-31.651377976,2
 DUTY 3,10,-10.5504311904,3
 DUTY 4,3,-21.100777976,4
 PA NAME=1, FROM=14, TO=14, PHASE=L, DNAME=2, &
 RATE(LV)=79.493341013
 PA NAME=2, FROM=11, TO=10, PHASE=L, DNAME=3, &
 TEMP=505.3722222222
 PA NAME=3, FROM=4, TO=3, PHASE=L, DNAME=4, &
 TEMP=380.3722222222
 PSPEC PTOP=239.2202, DPCOLUMN=41.36856
 PRINT PROPTABLE=BRIEF
 ESTIMATE MODEL=REFINING, REFLUX=226.796
 SPEC ID=COL1SPEC1, TRAY=1, TEMPERATURE(K), VALUE=322.04
 SPEC ID=COL1SPEC2, STREAM=8, RATE(LV,M3/H),TOTAL,WET, &
 VALUE=13.2
 SPEC ID=COL1SPEC3, STREAM=3, D86(EP,K), VALUE=505.37
 VARY DNAME=CONDENSER
 VARY DNAME=2
 VARY DRAW=3
 TSIZE SECTION(9)=2,13,VALVE, PASSES=1, FF=75

```
SIDESTRIPPER UID=T2, NAME=LCO STRP
PARAMETER TRAY=2,IO
FEED 6,1,TNOTSEPARATE/S2,2,TNOTSEPARATE, NOTSEPARATE
PRODUCT OVHD(M)=5, BTMS(M)=7,57.152592, SUPERSEDE=ON
PSPEC PTOP=259.90448
ESTIMATE MODEL=SIMPLE
SPEC ID=SCOL1SPEC1, STREAM=7, D86(EP,K), VALUE=666.48
VARY FEED=6
END
```

Решение в результате моделирования подтверждает, что колонна может соответствовать новым условиям, если что доступны нагрузки охлаждения циркуляционного орошения, указанные в сводке по колонне.

Самая большая тарелка – это верхняя тарелка отбора циркуляционного орошения диаметром 320 см. Если существующая колонна меньше этого, тогда пропускная способность должна быть уменьшена, чтобы избежать захлебывания в верхней части.

Нажмите «Создать отчет» на панели инструментов, чтобы создать отчет для всей технологической схемы. Проанализируйте данные сводки по основной фракционирующей колонне и легкому рецикловому газойлю. Результаты определения размеров тарелки для основной колонны показывают требуемый диаметр каждой тарелки.

Колонна рассчитана на наибольший требуемый стандартный размер тарелки, а на выходе отображается коэффициент захлебывания для каждой тарелки.

Контрольные вопросы

1. Какой термодинамический метод был выбран для расчета колонны?
2. Какие спецификации следует использовать при моделировании фракционирующей колонны?
3. Сделайте выводы по выполнению лабораторной работы и по результатам моделирования.
4. Подготовьте отчет по результатам выполнения лабораторной работы.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Таблица 2.5

Варианты заданий для лабораторной работы №2

№ вар.	Расход потока 1D, м ³ /ч	Расход потока 1E, м ³ /ч	Расход потока 1F, м ³ /ч	Температура низа колонны, К	Расход насыщенного пара, м ³ /ч	Давление в конденсаторе, кПа
1	41	343	34	613	79	205
2	40	344	33	610	80	200
3	39	345	32	607	81	195
4	38	346	31	604	82	190
5	37	347	30	600	83	185
6	36	348	31	602	84	190
7	35	349	32	604	85	195
8	36	350	33	606	84	200
9	37	351	34	608	83	205
10	38	349	35	610	82	210
11	39	348	36	612	81	215
12	40	347	37	614	80	205
13	41	346	38	616	79	200
14	42	345	39	618	78	195
15	43	344	40	620	77	190
16	44	343	41	610	76	185
17	45	342	32	607	75	190
18	38	346	31	604	74	195
19	37	347	30	600	73	200
20	36	348	31	602	72	205
21	35	349	32	604	84	210
22	36	350	33	606	83	215
23	37	351	34	610	82	205
24	38	349	35	607	81	200
25	39	348	32	604	80	195

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АММИАКА И СЕРОВОДОРОДА

Цель работы – построить и исследовать модель установки по извлечению аммиака и сероводорода произвести анализ контуров управления с использованием программной среды DYN SIM Dynamic Simulation.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Описание схемы установки

Отпарная колонна – теплообменник для выделения из жидких смесей легколетучих примесей, например, растворенных газов. Колонна работает следующим образом. Сырье, содержащее сероводород и аммиак, подается в верхнюю часть колонны, снабженную массообменными контактными устройствами – тарелками, на которых происходит его взаимодействие с поступающим снизу паром (образующимся в испарителе-кипятильнике). Освобожденная от примесей легколетучих компонентов жидкость (основной продукт) выводится снизу колонны, а сверху выводят примеси легколетучих компонентов, содержащих также потери основного продукта.

Регулирование режима работы отпарной колонны осуществляют изменением количества тепла, расходуемого для образования пара.

На выходе из колонны в составе жидкости должно быть менее 0,2% аммиака и менее 0,02% сероводорода. Гексан и нонан должны отсутствовать в жидкости, выходящей снизу, и целиком испаряться вместе с паром. Перепад давления в колонне составляет 5 кПа.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание исходных данных

В качестве сырья служит кислая вода, подаваемая на первую тарелку отпарной колонны (в верхнюю часть), пар подается в нижнюю часть колонны. Сырье поступает со скоростью 0,188 кмоль/с при давлении 144 кПа и температуре 339 К.

Для моделирования процесса отпарки была построена модель десорбционной колонны в программе Dynsim компании SimSci. В качестве модели выступает отпарная колонна (Tower). Входными потоками являются кислая вода и водяной пар. Термодинамический пакет: SourApi/EraSourwater. Все необходимые настройки указаны в таблицах 3.1–3.6.

Состав кислой воды представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Состав исходного сырья

Название компонента	Состав (мольные %)
N ₂	0,0048
Метан	0,0125
H ₂ S	1,5699
NH ₃	3,1898
CO ₂	0,0076
Гексан	0,0005
Нонан	0,0002
H ₂ O	95,2146

Поток пара подается в колонну при давлении 150 кПа и температуре 412 К.

Таблица 3.2

Параметры SourWater

Наименование потока	Параметр	Значение	Величина
S1 – SourWater	Спецификация испарения	Давление-температура	-
	Давление	220	кПа
	Температура	339	К
	Расход	0,188	кмоль/с
	Относительная высотная отметка	4	м

Таблица 3.3

Параметры Steam

Наименование	Параметр	Значение	Величина
S3 – Steam	Спецификация испарения	Давление-температура	-
	Давление	150.00	кПа
	Температура	411,66	К
	Расход	0,0365	кмоль/с
	Относительная высотная отметка	0	м

Таблица 3.4

Параметры VaporProd

Наименование	Параметр	Значение	Величина
S5 – VaporProd	Спецификация испарения	Давление-температура	-
	Давление	149	кПа
	Температура	383	К
	Расход	0,197	кмоль/с

Таблица 3.5

Параметры LiquidProd

Наименование	Параметр	Значение	Величина
S7 – LiquidProd	Спецификация испарения	Давление-температура	-
	Давление	143	кПа
	Температура	373	К
	Расход	0,028	кмоль/с

Таблица 3.6

Параметры вентиляй

Name	Parameter	Value	Unit
XV1	Cv	105,34	Cv
XV2	Cv	100	Cv
XV3	Cv	329,19	Cv
XV4	Cv	92,174	Cv

Сырье поступает в отпарную колонну, где должно на выходе иметь не более 0,2% аммиака и не более 0,02% сероводорода. Гексан и нонан выходят полностью с паром через верх колонны.

Для перехода в динамический режим работы необходимо нажать кнопку Play в меню управления программой, затем выбрать скорость вычисления расчетов, где 100% – соответствует обычному времени (скорость установить на 500% для ускорения получения графиков переходных процессов). Далее нажать кнопку Старт для начала отсчета времени. Моделируемая технологическая схема, переведенная в динамику и с выведенными различными показателями процесса представлена на рисунке 3.1.

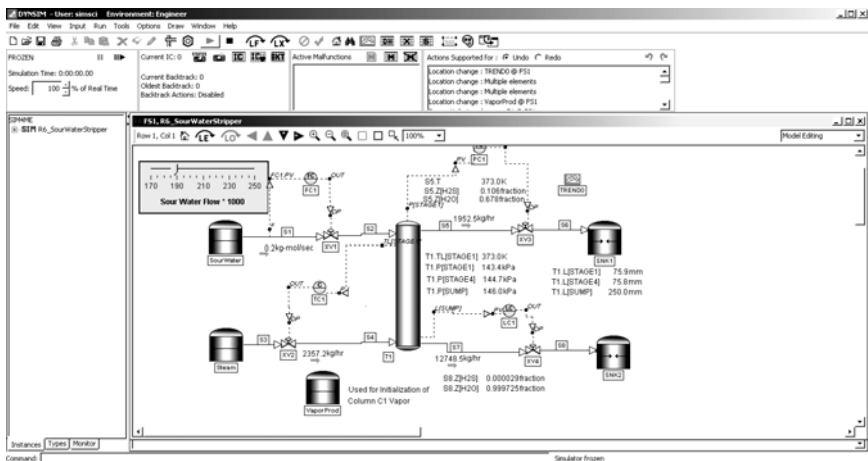


Рис.3.1. Технологическая схема установки

Задание и настройка регуляторов

В данной работе необходимо установить 4 регулятора, которые предназначены для:

- контроля молярного расхода потока питательной кислоты воды в аппарат (FC);
- контроля давления сверху колонны управлением потока пара из стриппера (PC);
- контроля уровня жидкости путем регулирования потока снизу колонны (LC);
- контроля температуры жидкости сверху колонны (TC).

Крайне важно понять реакции на изменения в модели, варьируя условиями, в которых работает установка. В данной работе используются следующие динамические операции:

1. Изменение расхода. С помощью данного регулятора можно наблюдать за уменьшением содержания сероводорода в паровом продукте десорбера. За счет повышения температуры сверху колонны поток пара уменьшается. К моменту, когда температура и давление в колонне приближаются к заданному значению, концентрация сероводорода приходит к установленному значению.

2. Изменение температуры питания колонны. При более низких температурах происходит увеличение сероводорода в продукте. За счет снижения температуры поток пара возрастает. Когда температура и давление в колонне подходят к установленному значению, значение сероводорода уменьшается до установившегося значения.

3. Изменение концентрации H_2S . Для этого необходимо открыть панель управления терморегулятора TC1. Увеличение концентрации происходит с помощью ползунка. Необходимо обратить внимание на то, что температура жидкости в верхней тарелке будет падать, и поэтому поток пара начнет увеличиваться. Кроме того, т.к. концентрация сероводорода в продукте увеличится, давление тоже вырастет. Регулятор давления начнет снижать давления, открывая клапан и, тем самым, увеличивать расход пара.

В таблице 3.7 приведены параметры для регуляторов.

Регулирование расхода подачи кислой воды в десорбер

Данный контур установлен перед колонной, тем самым позволяя регулировать ее профили. Схема управления с контуром расхода представлена на рисунке 3.2.

Параметры настройки регуляторов

Name	Параметр	Значение	Единицы измерения
FC1	Proportional gain	1	-
	Integral gain	1	1/с
	Instrument range	-	-
	Set point	FLOW*0,001	кмоль/с
PC1	Proportional gain	1	-
	Integral gain	0,1	1/с
	Instrument range	0-200	кПа
	Set point	152	кПа
TC1	Proportional gain	1	-
	Integral gain	0,2	1/с
	Instrument range	300-400	К
	Set point	378	К
LC1	Proportional gain	4	-
	Integral gain	0,01	1/с
	Instrument range	-	-
	Set point	0,265	м

Col 1 100%

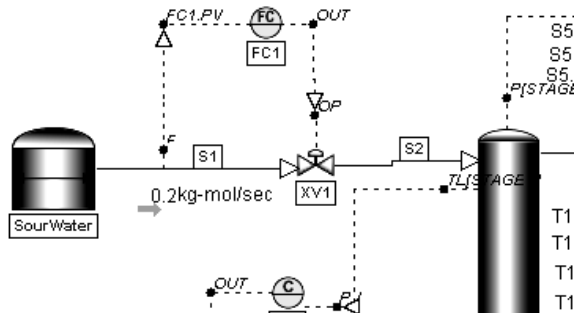


Рис.3.2. Контур управления расходом

Задание уставки производится в специальном окне (рисунок 3.3).

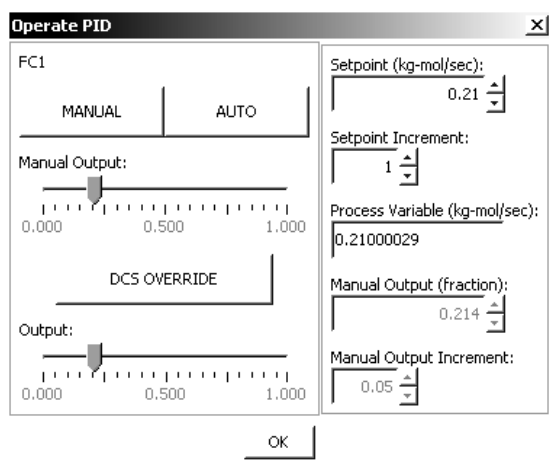


Рис.3.3. Задание уставки регулятора

График переходного процесса с 5%-ой зоной нечувствительности представлен на рисунке 3.4. PV является текущим значением расхода кислой воды в кмоль/с, уставка равняется 0,21 кмоль/с.

Регулирование давления на первой тарелке десорбционной колонны

Благодаря данному контуру управления можно менять не только процентное содержание кислых компонентов, но и регулировать температурный режим в колонне. Данный контур регулирует давление на выходе из колонны, путем изменения расхода пара. Контур представлен на рисунке 3.5.

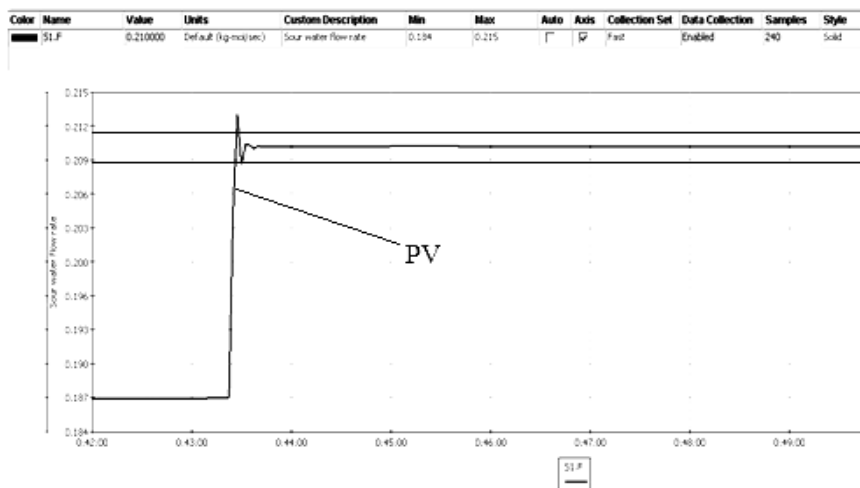


Рис.3.4. График переходного процесса с 5%-ой зоной нечувствительности

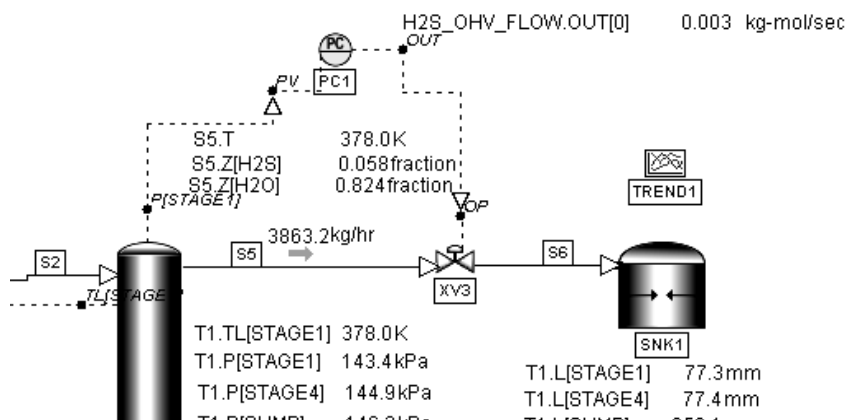


Рис.3.5. Контур управления давлением

График переходного процесса с 5%-ой зоной нечувствительности представлен на рисунке 3.6. PV является текущим значением давления, уставка – 152 кПа.

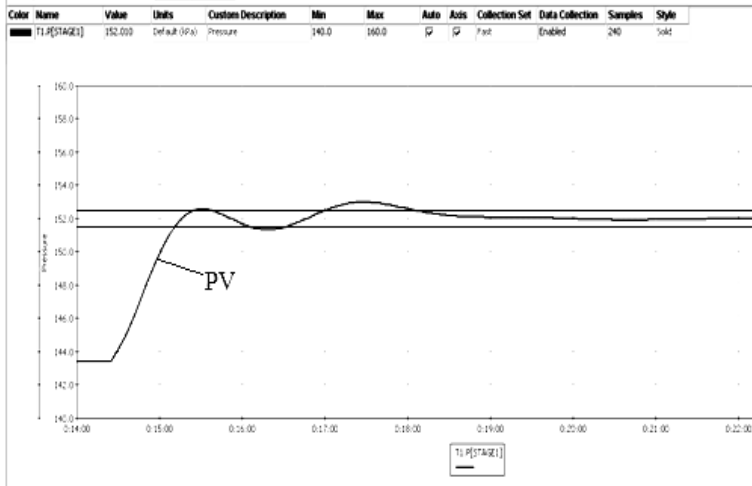


Рис.3.6. График переходного процесса с 5%-ой зоной нечувствительности

Регулирование уровня в десорбционной колонне

Регулирование осуществляется в нижней части колонны, путем изменения расхода полученной жидкости, выходящей из десорбера. Контур представлен на рисунке 3.7.

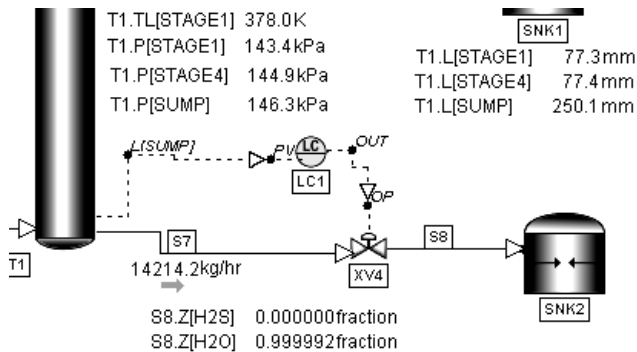


Рис. 3.7. Контур регулирования уровня

График переходного процесса с 5%-ой зоной нечувствительности представлен на рисунке 3.8. PV является текущим значением уровня, уставка – 265 мм.

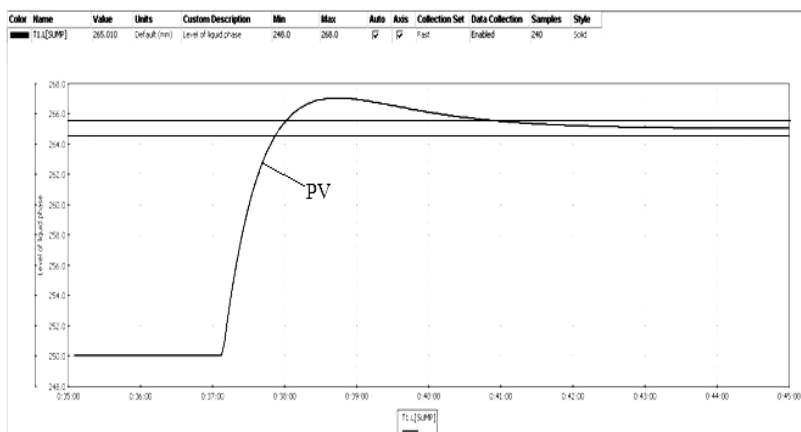


Рис.3.8. График переходного процесса с 5%-ой зоной нечувствительности

Регулирование температуры

Контур управления температурой расположен на первой тарелке десорбционной колонны. Температура регулируется путем изменения расхода подачи пара в колонну в нижнюю часть колонны. Контур представлен на рисунке 3.9.

График переходного процесса с 5%-ой зоной нечувствительности представлен на рисунке 3.10. PV является текущим значением уровня, уставка – 378 К.

Анализ результатов моделирования

Показатели качества управления, полученные в результате анализа графика переходного процесса представлены в таблице 3.8. Проанализируйте приведенные параметры.

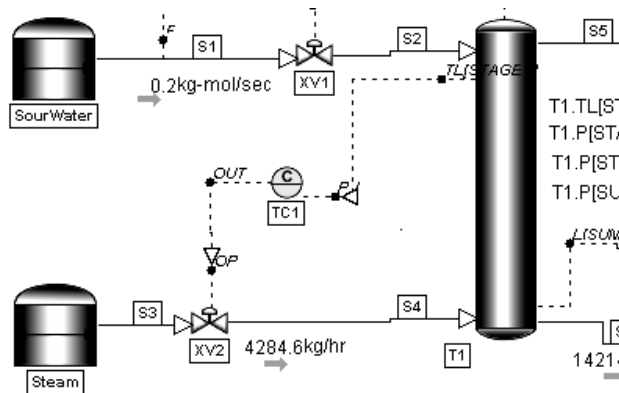


Рис.3.9. Контур управления температурой

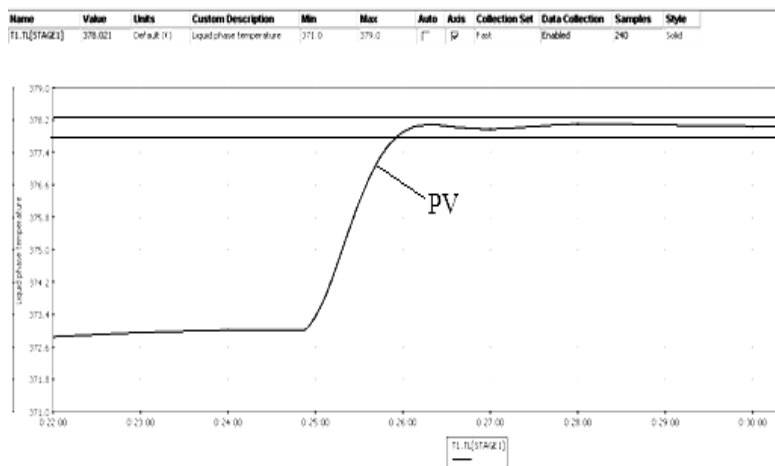


Рис.3.10. График переходного процесса с 5%-ой зоной нечувствительности

Таблица 3.8

Показатели качества переходного процесса

Регулятор	Время переходного процесса, с	Величина перерегулирования, %
Расход кислой воды FC-1	8	1,43
Давление в колонне PC-1	220	0,66
Уровень в колонне LC-1	230	0,75
Температура в колонне TC-1	65	–

Контрольные вопросы

1. Каковы требования к отпарной колонне установки по извлечению аммиака и сероводорода?
2. Какие регуляторы следует установить для управления отпарной колонной?
3. Сделайте выводы по выполнению лабораторной работы и по результатам моделирования.
4. Подготовьте отчет по результатам выполнения лабораторной работы.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Таблица 3.9

Варианты заданий для лабораторной работы №3

№ вар.	Температура потока S1, К	Давление потока S1, кПа	Температура потока S3, К	Давление потока S3, кПа	Температура потока S5, К	Давление потока S5, кПа
1	339	220	412	150	383	149
2	340	218	414	148	385	148
3	341	216	416	146	387	147
4	342	214	418	144	390	146
5	343	212	420	148	395	145
6	344	210	418	150	390	146
7	345	212	416	152	388	147
8	344	214	414	154	386	148
9	343	216	412	156	384	149

Продолжение табл. 3.9.

№ вар.	Температура потока S1, К	Давление потока S1, кПа	Температура потока S3, К	Давление потока S3, кПа	Температура потока S5, К	Давление потока S5, кПа
10	340	218	414	148	385	148
11	341	216	416	146	387	147
12	342	214	418	144	390	146
13	343	212	420	148	395	145
14	344	210	418	150	390	146
15	345	212	416	152	388	147
16	340	218	414	148	385	148
17	341	216	416	146	387	147
18	342	214	418	144	390	146
19	339	220	412	150	383	149
20	340	218	414	148	385	148
21	341	216	416	146	387	147
22	342	214	418	144	390	146
23	343	212	420	148	395	145
24	339	220	412	150	383	149
25	340	218	414	148	385	148

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гартман Т.Н.* Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: учеб пособие для вузов / Т.Н. Гартман, Д.В. Клушин. – М.: ИКЦ «Академкнига». – 2006. – 416 с.
2. *Кузнецов О.А.* Основы работы в программе Aspen HYSYS : учебное пособие / О.А. Кузнецов. – Москва ; Берлин : Директ–Медиа, 2015. – 153 с.
3. Математическое моделирование: учеб. пособие / Ю.В. Шариков. – СПб.: Горн. ун-т, 2015. – 130 с.
4. Моделирование процессов нефтепереработки с использованием HYSYS: Методические указания / Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). Сост.: И.Н. Белоглазов, Ю.В. Шариков, П.А. Петров, С.И. Митричев и др. – СПб. – 2010. – 101 с.
5. *Худович И.М.* Современные системы автоматизированного моделирования химико-технологических процессов в нефтепереработке и нефтехимии / И.М. Худович. – Новополюк – 2008 – 110 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Лабораторная работа №1. Моделирование колонны стабилизации бензиновой фракции.....	4
Лабораторная работа №2. Моделирование установки крекинга с псевдооживленным катализатором.....	12
Лабораторная работа №3. Моделирование установки для извлечения аммиака и сероводорода.....	32
Рекомендуемый библиографический список.....	46